

Neste livro você encontrará bons casos, relacionados as aplicações de ferramentas e métodos do “Lean Six Sigma: Iniciativas para a Melhoria Contínua em Operações e Serviços”, onde se destacam os seguintes assuntos:

Lean Hospitalidade e as tecnologias da indústria 4.0  
Gestão Visual e a Gestão Integrada de Indicadores  
Lean Startup e Model Canvas  
Método DMAIC e as ferramentas de gestão da qualidade  
Downtime: Aumento do Tempo de Agregação de Valor  
Gestão do On Time Delivery  
Eficácia com Mapeamento de Fluxo de Valor  
Impressão 3D e o aumento da Disponibilidade  
ABC/XYZ e na Gestão do Estoque  
BIM e Lean Construction  
Lean Kaizen  
Mapeamento do Fluxo de Valor em Usina  
Teoria Grey System e a Previsão da Demanda  
Lean Six Sigma no Turismo  
Modelo mental Lean Mindset e a CERTICS  
Impacto das Iniciativas Lean  
Lean e a Readequação do Fluxo de Faturamento  
Lean Thinking em Suprimentos  
Impactos da Aplicação do Six Sigma  
Gerenciamento de Riscos, FMEA e o Projeto Axiomático  
Auto diagnóstico e os indicadores BALDRIGE e LESAT

Os experientes autores não tiveram a pretensão de esgotar a discussão sobre as ferramentas e métodos Lean Six Sigma, mas apresenta-se uma contribuição, com exemplos de aplicações das abordagens de melhoria contínua, Lean Six Sigma. Aqui temos casos, e pretendemos continuar colaborando com a disseminação da abordagem Lean Six Sigma e demonstra casos reais de resolução de problemas e melhoria de processos das empresas.

Graças aos notáveis pesquisadores e profissionais com experiência em Lean Six Sigma, nós publicamos recentemente outros livros na área de operações e serviços. Destaca-se duas obras “Lean Six Sigma Na Indústria de Óleo e Gás: Aplicações e Boas Práticas” e “Lean na Prática”, e podem ser adquiridas pelo site da amazon.

Desejamos a todos uma ótima leitura!

**Prof. Dr. Robisom D. Calado**  
Laboratório Design Thinking, Gestão e Engenharia Industrial  
Instituto de Ciência e Tecnologia – ICT  
Universidade Federal Fluminense – UFF

Lean six sigma Iniciativas para a Melhoria Contínua em Operações e Serviços

GLOBALSOUTH PRESS INC

GLOBALSOUTH PRESS

# LEAN SIX SIGMA

Iniciativas para a  
Melhoria Contínua em  
Operações e Serviços

ORGANIZADOR  
ROBISOM CALADO, PHD

# **Lean Six Sigma: Iniciativas para a Melhoria Contínua em Operações e Serviços**

Robisom Damasceno Calado  
(Organizador)

Global South Press

Maryland, USA – 2020



Copyright © 2020 by Robisom Damasceno Calado

Published in the United States by GlobalSouth Press Inc™.  
All rights reserved. Published in the United States of America

No part of this book may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without written permission from the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical articles and reviews. For information, address GlobalSouth Press Inc., 199 E. Montgomery Suite 100, Rockville-MD. 20850. GlobalSouth Press books are available at exclusive discounts for bulk purchases in the U.S. by corporations, institutions, and other organizations.

For more information, please contact [info@globalsouthpress.com](mailto:info@globalsouthpress.com)  
or go to <http://www.globalsouthpress.com/>

**Lean Six Sigma: Iniciativas para a Melhoria Contínua em Operações e Serviços**

—1st ed. — 2020

Includes bibliographical references and index

ISBN: 978-1-943350-86-5

1. **TECHNOLOGY & ENGINEERING** / Industrial Engineering
2. **TECHNOLOGY & ENGINEERING** / Research



## **Editorial Board**

**Bulent Acma, Ph.D.**

Anadolu University, Eskişehir, Turkey.

**Flavio Saraiva, Ph.D.**

Universidade de Brasília, Brasília, Brazil.

**Helmunt Schlenter, Ph.D.**

Institute for Global Dialogue, Pretoria, South Africa.

**Tullo Vigevani, Ph.D.**

Sao Paulo State University, Sao Paulo, Brazil.

**Monica Arruda Almeida, Ph. D.**

Georgetown University, Washington, D.C., United States of America.

**Yong J. Wang, Ph.D.**

Ohio University, Columbus, United States of America.

**Chih-yu Shih, Ph.D.**

National Taiwan University (ROC), Taipei, Taiwan.

**Irene Klumbies, Ph.D.**

Jacobs University Bremen, Bremen, Germany.

**Sai Felicia Krishna-Hensel, Ph.D.**

Center Business and Econ. Develop., Auburn University, Montgomery, United States of America.

**José Álvaro Moisés, Ph.D.**

Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brazil.

**Martina Kaller, Ph.D.**

Stanford University, California, United States of America

# Revisores

Alexandre Beraldi  
Alexandre Lima de Souza  
Ana Paula Barbosa Sobral  
Antonio Batocchio  
Carlos Alberto Chaves  
Cleide de Marco Pereira  
Denis Rosa  
Emanuel Isaac dos Santos  
Felipe Araújo Calarge  
Flavio S. Machado  
Fredjoger Mendes  
Hernani de Oliveira Carneiro  
Luiz Antônio de Oliveira Chaves  
Maria Helena Teixeira da Silva  
Mateus Carvalho Amaral  
Milena Estanislau  
Paulo Joaquim Antunes Vaz  
Robisom Damasceno Calado  
Sandra Elisabeth  
Stephanie D'Amato Nascimento  
Tiago Henrique de Oliveira

# SUMÁRIO

---

1. Evidências da Indústria 4.0 no Ambiente Lean Hospitalidade. ....11
2. Lean Startup: Como Indústrias estão Desenvolvendo Produtos Inovadores Utilizando Metodologia Aplicada em Startups do Vale do Silício.. ...30
3. Utilização do Método DMAICS com Foco na Redução de Não Conformidades nos Processos de Inspeção e Reparo de Tubos e Acessórios:.....44
4. Redução do Downtime Através do Aumento do Tempo de Agregação de Valor do Processo de Usinagem em uma Empresa de Serviços no Setor de Óleo e Gás.....60
5. Análise e Melhoria da Gestão do On Time Delivery em uma Empresa Prestadora de Serviços do Setor de Óleo e Gás.....74
6. Importância do Plano de Ação na Implementação e Eficácia do Mapeamento de Fluxo de Valor – Estudo de Caso em Empresa de Serviços.....92
7. Uso da Impressão 3D para Melhoria da Disponibilidade de um Equipamento.....105
8. A ferramenta ABC/XYZ aplicado na Gestão do Estoque de Manutenção de uma Empresa Operadora do Setor de Óleo e Gás.....123
9. BIM e Lean Construction: Mapeamento do Cenário Atual na Indústria da Construção Civil e sua Importância para o Desenvolvimento dos Profissionais e das Organizações.....150
10. Aplicação do Projeto Lean Kaizen em uma Empresa de Pequeno Porte: Um Estudo de Caso.....171
11. Mapeamento do Fluxo de Valor no Processo de Usinagem de Cilindros

de Laminação de uma Usina Siderúrgica: Um Estudo de Caso.....	190
12. Teoria Grey Aplicada na Previsão da Demanda em uma Loja de Materiais de Construção.....	215
13. Aplicação do Lean Seis Sigma no Setor do Turismo: Um estudo de caso na Indústria Hoteleira Portuguesa.....	228
14. Metodologias Lean Mindset e CERTICS para Desenvolvimento e Inovação Tecnológica de Software.....	254
15. Impacto de Iniciativas Lean nas Etapas de Preparação e Montagem na Indústria de Petróleo.....	267
16. Aplicação de Lean no Processo de Transferência de Pacientes Oncológicos entre Unidades Hospitalares e na Readequação do Fluxo de Faturamento para o Setor de Oncologia.....	278
17. Avaliação Do Desempenho Do Setor De Suprimentos Em Uma Empresa De Serviços Offshore A Partir Da Abordagem Lean Thinking.....	294
18. Os Impactos Quantitativos e Qualitativos na Aplicação da Metodologia Seis Sigma.....	310
19. Aplicação da Ferramenta de Gerenciamento de Riscos FMEA no Método de Projeto Axiomático: Um Estudo de Caso no Setor Automotivo...	319
20. Avaliação De Unidade De Saúde Recorrendo À Metodologia Baldrige E Lesat: Um Caso De Estudo De Um Hospital Da Região De Macaé -RJ....	338

# Prefácio I

## LEAN SIX SIGMA: Iniciativas para a Melhoria Contínua em Operações e Serviços

---

---

O termo Lean surgiu há cerca de 30 anos proposto pelos pesquisadores do MIT James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos num estudo posteriormente publicado no livro “A Máquina que mudou o mundo” (1990). O termo, que em português significa “magro”, foi melhor traduzido no Brasil como “enxuto”. Lean Manufacturing (ou “Manufatura Enxuta”) foi a maneira que os pesquisadores encontraram para denominar o novo método de produção empregado pela indústria automobilística Toyota que revolucionou a fabricação de automóveis na segunda metade do século XX.

O método de produção enxuta, conhecido como Sistema Toyota de Produção (STP), foi desenvolvido na citada empresa liderado pelo engenheiro Taiichi Ohno. Também conhecido como Ohnoísmo, o método se baseia em três pilares: Identificação e eliminação de desperdícios (Muda), Just in Time (JIT) e Kaizen (Melhoria contínua).

O Six Sigma (Seis Sigma) é uma metodologia desenvolvida pela Motorola, no final dos anos 80, que visa reduzir a quantidade de peças defeituosas para menos de 3,4 por milhão de peças fabricadas, podendo ser aplicada em empresas dos mais diversos ramos como indústria, comércio e serviços. Consiste na formação de equipes de trabalho de elevada capacitação técnica que trabalham empregando o método estatístico na sequência metodológica denominada DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), na busca e eliminação da causa raiz dos problemas de modo a garantir a obtenção de resultados excepcionais na redução de defeitos e melhoria da qualidade.

O Lean Six Sigma, como bem o definiu os pesquisadores da UFF/UFRJ, no Capítulo 5, “consiste na fusão do Lean Manufacturing com o Six Sigma, se tornando uma estratégia mais abrangente e extremamente eficaz, integrando ferramentas de ambas as abordagens servindo como complemento uma para a outra”. É a contínua busca por processos eficazes, rápidos e de elevada precisão.

Como principais benefícios da aplicação do Lean Six Sigma para as empresas, destacam-se, como bem pontificado pelos pesquisadores da Universidade de Coimbra e Viseu, no Capítulo 14, por um lado, o aumento da eficiência de processos, da satisfação dos clientes, da Qualidade, o envolvimento dos empregados nos resultados e o lucro. De outro, a diminuição da variabilidade, do tempo de ciclo de produtos e serviços, de custos e do número de reclamações de clientes. No setor de serviços o custo de desperdícios pode alcançar o expressivo valor de 80%! Quanta oportunidade para melhoria!



A Global South Press, com a entusiástica coordenação do professor Robisom Damasceno Calado, nos oferece este primoroso livro, que reúne a contribuição de renomados engenheiros, professores e pesquisadores do que há de mais recente e inovador nas diversas áreas da manufatura, construção civil e serviços na aplicação das metodologias Lean e Six Sigma.

Temos absoluta certeza que os Estudos de Casos, relatos e soluções de qualidade apresentadas neste livro permitirão aos leitores acréscimo de conhecimento e serão de extrema utilidade para que possam aplicar os princípios e ferramentas do Lean Six Sigma nas organizações que atuam.

Boa leitura!

**Prof. Dr. Carlos Alberto Chaves**

**Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda  
Universidade Federal Fluminense - UFF**

## Prefácio II

---

Uma das coisas mais importante na vida de qualquer profissional é a sua capacidade de identificação, aquisição e disseminação do conhecimento. Consideramos esse trinômio, porque de nada vale somente a identificação ou aquisição do conhecimento, se há a intencionalidade de não o disseminar a outros profissionais. Dessa forma, a fonte que hora é disponibilizada pelo Prof. Calado, através das contribuições de diversos profissionais, no livro denominado de “Lean Six Sigma: iniciativas para a melhoria contínua em Operações e Serviços”, vem no sentido de disseminar os conhecimentos dos conceitos Lean e Six Sigma. Importante ressaltar, que há nesse livro, trabalhos que abordam diferentes aplicações, resultados de estudos, dedicação, compreensão e solução de problemas reais. Em nossa visão, o Lean e Six Sigma, extrapolam a barreira técnica, na qual se pensa nos benefícios, tais como: identificação e eliminação de desperdícios, melhoria de qualidade, melhoria da produtividade e etc., para um outro nível: o nível estratégico. Explicando melhor essa visão, consideramos que Lean Six Sigma deve ter uma abordagem de longo prazo, através de Programas alinhados com os objetivos gerais da organização, através da concepção de ganhos e reflexos na competitividade organizacional. Usamos o termo organização para representar qualquer tipo de empresa, seja ela de produção de bens ou de serviços. Além disso, os conceitos do Lean e Six Sigma, se aplicam em qualquer área da organização (seja ela de operação ou de suporte ou administrativa). Em nosso país, principalmente, as micro, pequenas e médias empresas têm sérias limitações financeiras e elas tem um conjunto de problemas, que podem ser resolvidos pelos conceitos do Lean e Six Sigma. Esse é um campo vasto de aplicação, pois em nosso país, a maioria das empresas são micro e pequenas. Isso não quer dizer, que se deve deixar de lado os outros tipos de organizações (médias e grandes). Outra observação que vale a pena fazer, é que há setores que já estão plenamente utilizando o Lean e Six Sigma, tais como: as empresas automotivas e seus fornecedores, as empresas de equipamentos eletrônicos e seus fornecedores e outras. No entanto, há setores mais recentes, que estão utilizando esses conceitos, tais como: hospitais e clínicas, shopping center, empresas de energia (petróleo e gás), construção civil e, etc... Uma outra questão a ser explorada, trata do Lean e Six Sigma e a indústria 4.0: em nosso ponto de vista, mesmo com a introdução dos conceitos da transformação digital/indústria 4.0, os conceitos do Lean e Six Sigma estarão presentes. Porque? Porque os conceitos do Lean e Six Sigma são aplicados a processos e na indústria 4.0, também estão presentes os processos (em todas os setores da empresa 4.0 há processos). Sigma, e conseqüentemente, aplicar os conceitos no dia a dia das organizações.

Finalmente, acreditamos que essa obra será muito útil aos docentes, aos estudantes e aos profissionais das organizações, que pretendem adquirir os conhecimentos relacionados aos Lean e Six Sigma, e consequentemente, aplicar os conceitos no dia a dia das organizações.

**Prof. Dr. Antonio Batocchio**  
**Faculdade de Engenharia Mecânica**  
**Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP**

# Evidências da Indústria 4.0 no Ambiente Lean Hospitalidade

---

*Alexandre L. de Souza<sup>1</sup>, Natanael B. da Santos<sup>2</sup>, Denis Rosa<sup>3</sup>, Emanuel Isaac dos Santos<sup>4</sup> e Robisom D. Calado, PhD<sup>5</sup>*

Escola de Engenharia de Produção, ICT - Universidade Federal Fluminense (UFF),  
Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brasil

## 1. Introdução

Considerada como pilar do turismo, a indústria de hospitalidade faz parte de uma complexa e competitiva cadeia logística, que movimentou mais de 1,1 bilhões de pessoas no mundo em 2017. Entretanto a recente crise financeira mundial teve um impacto significativo neste segmento, que para manter a viabilidade dos negócios teve que reduzir custos sem diminuir a qualidade dos serviços.

Caracterizada por aspectos tangíveis e intangíveis na produção dos seus serviços, esta indústria poderá ser beneficiada na implementação do uso da abordagem *Lean* para melhoria dos seus processos, conforme comprovado por Lancaster e Kamar. Além de aumentar a eficiência da sua cadeia produtiva através do emprego tecnologias emergentes conforme identificado por Kansakar *et al.* e Buhalis e Leung.

Embasado nestas premissas este trabalho tem como objetivo identificar evidências da indústria 4.0 no ambiente de *Lean* Hospitalidade que possam contribuir para a eliminação dos oito tipos de desperdícios *Lean* em serviços. Tendo como objetivos específicos: inferir como a abordagem *Lean* pode ser aplicada à serviços de hospitalidade; entender quais são os benefícios da implementação de novas tecnologias para gestão de hospitalidade; aprender sobre o conceito do

---

1 E-mail do autor correspondente: alexandrelsouz@gmail.com

2 E-mail do autor correspondente: natanaelhhcomercial@gmail.com

3 E-mail do autor correspondente: eng.denis@live.com

4 <sup>4</sup> E-mail do autor correspondente: eiseng@gmail.com

5 <sup>5</sup> E-mail do autor correspondente: robisomcalado@id.uff.br

smart hotel; e por último, analisar aplicações de casos de uso sobre abordagem *Lean* e novas tecnologias na eliminação de desperdícios em serviços de hospitalidade.

A metodologia proposta neste trabalho foi fundamentada em uma revisão de literatura de artigos e análises de estudos de casos relacionados aos temas da *Lean Hospitality* e novas tecnologias aplicadas ao ambiente de hoteleiro. Concluímos que ambas abordagens são boas práticas que agregam valor se empregadas na área de hospitalidade, conforme Rosa já havia comprovado sobre a abordagem *Lean* aplicada à serviços, e de acordo com Holanda e do Nascimento, que constataram que o uso de tecnologias aumenta a eficiência da gestão hoteleira.

Esta pesquisa delimita-se aos temas *Lean* Hospitalidade e novas tecnologias aplicadas a este setor, suas principais características, premissas e benefícios, não se aprofundando aos princípios da abordagem *Lean Manufacture* e *Six Sigma*.

## 2. Referencial Teórico

De acordo com Oliveira *et al.*, uma empresa de hospitalidade é uma organização que fornece serviços de acolhimento aos seus clientes através da utilização de procedimentos ágeis e com sistemas organizados em troca do recebimento de valores provenientes de cobrança de diárias. Gohr e Santos vão mais além ao subdividir os serviços de hospitalidade em hospedagem, alimentação e lazer, além de inferirem que estes serviços possuem ambos aspectos tangíveis e intangíveis, e seu fornecimento ocorre sempre de forma simultânea com a presença do consumidor.

Atividades desempenhadas em um hotel demandam recursos humanos preparados, com educação superior para cargos de gerentes e ensino médio para áreas operacionais, e em alguns estabelecimentos se faz necessário a fluência em línguas estrangeiras. Esses recursos são distribuídos em diversas áreas de atuação dentro da empresa tais como: recursos humanos, governança, recepção, restaurante, limpeza, manutenção e segurança.

Neste contexto, Lancaster identificou que a implementação da abordagem *Lean* proporciona vários benefícios na melhoria dos processos dos diversos departamentos e setores de um hotel. Entretanto, este sucesso dependerá do reconhecimento assertivo das técnicas para tratar os problemas em determinadas áreas de atuação, de forma que possam causar uma mudança positiva.

Assim, o emprego de novas tecnologias, como as soluções da *Internet* das Coisas, poderá proporcionar boas práticas de sustentabilidade e conservação, gerando redução de custos para uma empresa de hospitalidade, melhoria da eficiência dos seus processos e dos seus colaboradores, além de trazer mais conforto para os hóspedes.

## 2.2 Abordagem Lean

O conceito da abordagem *Lean* surgiu no período após a segunda guerra mundial simultaneamente ao Sistema Toyota de Produção e fundamenta-se na redução do desperdício e melhora na eficiência dos processos que geram valor para os clientes. Entretanto, para Sayer e Willians a metodologia *Lean* é mais abrangente pois também engloba aspectos da cultura organizacional, capacitação e visão a longo prazo.

A recente disseminação da abordagem *Lean* da indústria de manufatura para área de negócios e serviços fez surgir o termo *Lean Enterprise*. Esta abordagem caracteriza-se pela aplicação dos princípios *Lean* em todas as funções e departamentos de uma organização, incluindo as principais partes interessadas como colaboradores, clientes, fornecedores, sindicatos e a sociedade em geral, tendo com o objetivo eliminar desperdícios e agregar valor aos processos. Além disso, o *Lean Enterprise* também possui características qualitativas e analíticas de um sistema complexo e adaptativo que alinha a tomada de decisões estratégicas com operacionais.

A abordagem *Lean* criada a princípio para aplicação na indústria de manufatura agrega vários casos de sucesso na área de serviços melhorando o desempenho dos processos organizacionais e obtendo bons resultados na eliminação de desperdícios. Como é o caso do setor de serviços de saúde, cuja aplicação desta abordagem fez surgir o conceito *Lean Healthcare*, proporcionando benefícios para toda organização hospitalar, abrangendo os seus principais envolvidos, de profissionais de saúde, gestores e pacientes.

### 2.2.2 Os 8 desperdícios Lean em serviços

No início da criação do *Lean* pela Toyota foram identificadas sete formas de desperdícios, sendo eles: defeitos, estoque, superprodução, processamento extra, espera, transporte e movimentação. Contudo, questões de intangibilidade, simultaneidade dos processos e a própria interação do cliente na criação dos serviços são aspectos que influenciam a implementação da abordagem *Lean* em serviços. Neste contexto, Silva percebeu que os aspectos organizacionais têm uma grande influência e considera que a falta de interesse dos gestores em ouvir sugestões e ideias de seus colaboradores poderia ser uma oitava causa de desperdícios.

## Quadro 1: As oito formas de desperdícios em serviços

Desperdício	Definição	Exemplo
<b>Defeitos</b>	Erros cometidos na realização de uma tarefa e que não atende ao desejo do cliente.	Preço errado na fatura. Falta de informação Especificação errada do serviço.
<b>Estoque</b>	Excesso de trabalho que não está ligado ao serviço a ser fornecido.	Excesso de insumos e materiais para fornecer um serviço.
<b>Sobreprodução</b>	Serviços adicionados que o cliente não deseja.	Excesso de informação. Relatórios que ninguém lê.
<b>Processamento extra</b>	Processos ou produtos sem valor agregado para o cliente.	Burocracia, excesso de <i>e-mails</i> .
<b>Esperas</b>	Tempo para realizar uma tarefa que não agrega valor ao serviço requerido pelo cliente.	Demora para atender o pedido de um cliente.
<b>Transporte</b>	Movimento de materiais sem necessidade.	Circulação de documentos físicos sem necessidade.
<b>Movimentação</b>	Tempo perdido pela movimentação de funcionários sem necessidade.	Uso de formulários desatualizados. Repetição de trabalho manual
<b>Talento desperdiçado</b>	Sub utilização do capital humano	Não ouvir ou valorizar sugestões e ideias dos colaboradores

Fonte: Elaborado pelo autor e adaptado de Silva e Sunder .

O quadro 1 aborda as oito formas de desperdícios *Lean* em serviços, suas respectivas definições e exemplos.

### 2.2.2 Lean Hospitalidade

A implantação de projetos *Lean* tem um histórico de êxito claro na recuperação de empresas no setor de hospitalidade com a apresentação de bons resultados através da redução de custos e aumento da eficiência. Entre os principais ganhos do Lean Hospitalidade podemos destacar: melhora na performance financeira, redução de custos, aumento da qualidade, redução de problemas nos serviços e melhoria na satisfação do cliente.

Porém um grande obstáculo na implementação de projetos *Lean* na indústria de hospitalidade é a questão da intangibilidade da maioria das saídas de seus processos que se dão através da interação do fator humano entre os funcionários e clientes, e como esta influência será bem-sucedida e considerada de qualidade.

## 2.3 Indústria 4.0

Considerada a quarta revolução industrial da história da humanidade, o termo Indústria 4.0 advém de uma iniciativa das sociedades acadêmica, empresarial e governamental alemão. Nesta fase, considerada como a indústria do futuro, as máquinas são conectadas de forma colaborativa, onde uma grande quantidade de dados é capturada e transformada em informações que podem explicar incertezas dos processos além de proporcionar tomada de decisões assertivas. Informações sobre a produção são processadas em tempo real através da integração horizontal entre fornecedores e clientes, e vertical dentro da própria organização possibilitando previsões de demanda e melhorando a eficiência.

**Quadro 2: Fases da Revolução Industrial**

Fase	Início	Características
Primeira	1794	Utilização de máquinas a vapor no processo produtivo.
Segunda	1870	Produção em massa realizada com emprego de energia elétrica para movimentação das máquinas industriais.
Terceira	1969	Automatização dos processos industriais com aplicação intensiva de sistemas de informática.
Quarta	Século 21	Advento das tecnologias emergentes proporcionando integração do ambiente físico e virtual nos processos produtivos e logísticos.

Fonte: Adaptado de Hermann e Otto e Hasan e da Silva Reis .

O Quadro 2 ilustra de forma cronológica as fases da revolução industrial e as suas principais características. Com destaque para a quarta fase, denominada Indústria 4.0, que se fundamenta na combinação de hardware e software na forma de três pilares básicos: Cyber Physical Systems, Internet das Coisas e Big Data. Possibilitando a personalização da produção em massa por intermédio da utilização de tecnologias de sensores, internet e inteligência artificial.

A utilização destas novas tecnologias na indústria proporciona a necessidade de melhorar a capacitação das pessoas, motivo pelo qual Hasan e da Silva Reis acreditam que os perfis dos profissionais da indústria 4.0 devem ser aprimorados para se adaptarem ao uso das novas tecnologias. Pois de acordo com, criatividade, inovação, comunicação, solução de problemas e conhecimentos técnicos serão as competências cruciais a serem desenvolvidas. Dito isto, fica evidente a importância da capacitação para alcançar a eficiência dos processos e conquistar a vantagem competitiva.



## 2.4 Novas Tecnologias

Ao estudar o tema das novas tecnologias, observa-se um certo paradigma nas nomenclaturas utilizadas, referindo-se aos termos “tecnologias emergentes” e “tecnologias disruptivas”, conforme observado por Lee *et al.* em seu estudo bibliométrico, que disserta que a primeira traz a ideia de superioridade tecnológica e a segunda concentra-se no viés de competição mercadológica.

*Internet* das Coisas, Inteligência Artificial e Robótica, Computação em Nuvem e Mobilidade, são exemplos de novas tecnologias que viabilizam a geração de novos modelos de negócios, como por exemplo aplicativos de mobilidade urbana, e plataformas de armazenamento em nuvem para distribuição de filmes e séries online de Televisão.

### 2.4.1 Internet das Coisas

*Internet* das Coisas ou *Internet of Things* (IoT) é a conceito da interação inteligente de diversos tipos de tecnologia com vários dispositivos computacionais utilizados no cotidiano das pessoas, tais como computadores, telefones celulares, sensores, máquinas, eletrodomésticos, automóveis, etcetera. Através desta integração é possível coletar dados e processar um elevado número de informações, viabilizando o estudo do comportamento de operações e padrões de consumo e criando conhecimento para desenvolvimento de novos modelos de negócios.

### 2.4.2 Cloud Computing e Big Data

A tecnologia de Computação em Nuvem ou *Cloud Computing* proporciona a transferência do armazenamento dos computadores pessoais para servidores na *internet*, reduzindo custos e preocupações com manutenções para o usuário, que passa a despender apenas o montante pelo serviço utilizado.

Big data refere-se a tecnologia de captura, armazenamento, distribuição, gerenciamento e análise de um grande volume de dados de diferentes fontes como cadeias de suprimentos e redes sociais. Atualmente esta ferramenta é essencial para aplicação no suporte à tomada de decisão, por meio da elaboração de previsões de demanda e cenários que podem impulsionar a vantagem competitiva no mundo dos negócios. Indo mais além, a quantidade de dados gerados por dispositivos IoT e armazenados na nuvem proporcionam o desenvolvimento de novas aplicações inteligentes ou *smart application*.

### 2.4.3 Inteligência artificial (IA)

Por definição IA é a área da ciência que estuda formas de fazerem os programas de computadores simularem o pensamento humano. Tem sua origem multidisciplinar destacando as áreas da matemática, ciência cognitiva e neurociência. Por intermédio desta abordagem torna-se possível a percepção do ambiente em que o sistema está inserido e a partir da implementação de um modelo pré-definido os agentes atuantes neste sistema interagem e promovem o aprendizado. Ainda de acordo com, a IA está difundida em diversos setores de negócios, tais como: finanças, indústria, hospitais, transportes, previsão de tempo, e mineração de dados (*data mining*).

### 2.4.4 Realidade Aumentada

De acordo com Santos *et al.*, as tecnologias de realidade aumentada permitem uma maior integração entre pessoas e máquinas transferindo informações de meio físico para o digital, que podem ser aplicadas em sistemas de treinamento possibilitando ao usuário desenvolver suas habilidades na prática com o uso de simuladores digitais em computadores ou *tablets*, além de reduzir deslocamentos desnecessários e retrabalhos, melhorando a qualidade das atividades. Quando aplicado à hospitalidade possibilitam ao cliente uma melhor tomada de decisão, como por exemplo a visualização a aparência de uma refeição por intermédio da exibição na tela do celular do prato a ser escolhido.

### 2.4.5 Sensores Inteligentes

RFID ou identificação por radiofrequência, são sensores no formato de etiquetas (*tags*) colocadas em objetos, esta tecnologia permite a localização em tempo real e leitura de informações de dados de um bem ou produto. Sua utilização é bem difundida na indústria para rastreamento e controle de estoque, além de ser empregada em outras aplicações como controle de acesso por exemplo.

*iBeacons* são pequenos sensores computacionais de baixo custo com tecnologia *bluetooth* embarcada e baterias de alto desempenho, que transmite sinais de rádio em pequenos intervalos, e que se comunica com artefatos móveis (*smartphones* e *tabletes*) com o intuito de calcular a localização e enviar avisos, alertas e promoções comerciais quando o usuário se aproxima. Quando o dispositivo *smartphone* ou *tablet* detecta este sinal, o sistema inicia o processo de coleta de dados e envio de informações. Este recurso pode ser aplicado em estabelecimentos comerciais, empresas, hospitais, e até em hotéis, para detectar a localização do hóspede e ajustar as condições do quarto como temperatura e iluminação, aumentando a sensação de conforto e gerando economia de energia.

### 2.4.6 Body Area Sensors

De acordo com Movassaghi *et al.*, *Body Area Sensors* são pequenos sensores posicionados em vestimentas e acessórios pessoais que foram projetados inicialmente para atuar na área da medicina na prevenção de doenças graves possibilitando tratamento ainda no início, redução de gastos com saúde e melhorando a qualidade de vida das pessoas. Kansakar *et al.* discorre sobre os benefícios que estes sensores, se interligados à sistemas baseados em IoT podem proporcionar melhor percepção de conforto para o cliente, como por exemplo ajustar as condições de iluminação e temperatura dos ambientes de forma antecipada e preditiva, ao analisar a localização e dados corporais do hóspede. Indo mais além, estes sensores integrados às tecnologias *big data* podem gerar dados sobre o comportamento das pessoas, criando assim informações que podem ser utilizadas para desenvolver novos produtos e campanhas de propaganda.

### 2.4.7 Gerenciamento de Energia

Conforme Molina-Solana *et al.*, o consumo de energia em prédios aumentou intensamente devido ao uso de diversos dispositivos necessários para o padrão de vida moderna, cuja a falta de previsão de utilização desses recursos impacta diretamente nos custos, afetando a eficiência de uma organização. Ainda, segundo este autor, a utilização de um sistema de monitoramento de energia contribui para minimizar este problema, ao criar previsibilidade dos gastos, ao acompanhar o estado de funcionamento dos equipamentos, prevenindo falhas, melhorando assim a eficiência das operações. Entretanto, e de acordo com Gou e Xie , a principal contribuição de um sistema de gerenciamento de energia seria reduzir impactos no meio ambiente consolidando o conceito de *green building*.

### 2.4.8 Automação e Monitoração Predial

Nos dias de hoje edifícios e prédios possuem uma gama de sistemas automatizados que permitem o uso efetivo de energia, sistemas de vigilância patrimonial incluindo câmeras de circuito fechado de TV, controle de acesso e detecção de incêndio. A integração desses sistemas com tecnologias IoT faz surgir o conceito de prédio inteligente ou *smart building*, proporcionando redução de custos, confiabilidade e uso racional dos recursos, além de disponibilizar dados comportamentais e estatísticos para análise em tempo real, que tratados podem ser utilizados em futuras melhorias.

## 2.5 Hotel Inteligente

Seguindo a tendência de inovação tecnológica bastante difundida na área de manufatura, algumas empresas de hospitalidade utilizam com sucesso técnicas industriais de automação para reduzir custos e eliminar desperdícios. A interação das indústrias de hospitalidade com novas tecnologias fez surgir o conceito do *smart hotel*, gerando valor para o cliente através da integração de sensores inteligentes e softwares em diversas áreas e departamentos, vinculando à ideia da inteligência de negócios ou *business intelligence* (BI) através de processos que suportam a tomada de decisão.

**Quadro 3: Escopo de serviços do futuro da indústria de hospitalidade.**

<b>Body Area Sensors</b>	<b>Gerenciamento de Energia</b>	<b>Automação Predial</b>	<b>Realidade Aumentada e Tecnologias Beacon</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Vestimenta, calçados e relógios inteligentes</li><li>• Sensores de assistência hospitalar</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Controle de iluminação</li><li>• Monitoramento de energia e água</li><li>• Controle de climatização</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vigilância</li><li>• Biometria para acesso</li><li>• Digital Signage</li><li>• Reparos e manutenção</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dispositivos de rastreamento e localização</li><li>• Realidade Aumentada</li></ul>

Fonte: Kansakar *et al.* .

O Quadro 3 representa as possibilidades de diversificados padrões tecnológicos aplicados à indústria de hospitalidade conceitualizando o *smart hotel*. Através deste agrupamento é possível obter uma enorme quantidade de dados, e por intermédio da inclusão de tecnologias como, *IoT*, *cloud computing*, *big data* e inteligência artificial, torna-se possível alcançar uma vantagem competitiva, por meio de processamento e previsões de demandas e novas oportunidades de negócio.

## 3. Metodologia

A metodologia proposta neste artigo baseia-se em uma pesquisa qualitativa exploratória através de uma revisão bibliográfica, cujo objetivo foi identificar evidências da indústria 4.0 em forma de boas práticas da abordagem *Lean* e uso de novas tecnologias na eliminação e redução de desperdícios *Lean* e serviços de hospitalidade. Esta pesquisa foi realizada entre abril de 2018 e fevereiro de 2019, nas bases: Google Acadêmico, SciELO, Science Direct e Scopus, utilizando as palavras-chave *Lean*, hospitalidade, novas tecnologias e indústria 4.0. Resultando em 50 publicações do período de 2008 a 2019, utilizadas na construção do arcabouço teórico, onde a maioria, 90%, são dos últimos cinco anos. Do total das publicações, 42 são artigos publicados em periódicos e anais de congressos.

A elaboração do artigo ocorreu em 5 etapas. Na primeira, foram realizados os estudos introdutórios, elaborando a contextualização do tema da indústria de hotelaria, sua importância no contexto macroeconômico e oportunidades de melhorias. Na segunda e terceira etapas foi realizada a construção do arcabouço teórico sobre os temas de Lean e novas tecnologias aplicadas à indústria de hospitalidade.

Na quarta etapa foram selecionados e analisados artigos de estudos de casos (quadro 5) sobre os temas Lean e Novas tecnologias aplicadas à serviços de hotelaria, que serviram de norte para elaboração da quinta etapa, resultando na proposição de um método de implementação destas abordagens ao setor de hospitalidade com a finalidade de eliminação de desperdícios *Lean*.

A aplicação do método proposto inicia-se em definir critérios para implementar as abordagens, levando em consideração: redução de custos, eliminação de desperdícios e agregação de valor. Baseando-se nestas ponderações, e conforme proposto por Rauch *et al.*, identificamos quatro critérios básicos: (i) os custos de implementação devem ser os menores possíveis; (ii) conseguir resultados favoráveis em um curto prazo de tempo; (iii) analisar os impactos da influência dos indicadores para tomada de decisão sobre o projeto; (iv) a abordagem implementada deve resultar em benefícios de longo prazo para organização.

Em seguida, sugerimos o uso de ferramentas *Lean* e *Six Sigma* a serem aplicadas na área de hospitalidade. Decidimos utilizar um estudo bibliográfico realizado por Rosa, sobre este tema aplicado à área de serviços, onde foi reconhecido o ciclo DMAIC como base para emprego da abordagem e ferramentas apropriadas:

- *Define:* VoC, SIPOC, SWOT
- *Measure:* VSM, 8 Wastes, NAV/AV
- *Analyze:* Causa e Efeito, FMEA, Pareto, Histograma, 5 Porques, 5W1H, QFD
- *Improve:* 5S, Folhas de Verificação
- *Control:* Cartas de Controle, Kaizen

Após implementada a abordagem *Lean*, e obtendo-se os resultados esperados, o próximo passo é confirmar a necessidade de utilizar ou não as novas tecnologias que possam também favorecer a redução ou eliminação dos oito desperdícios. Dito isto, recomendamos as seguintes tecnologias e evidenciamos seus benefícios, conforme o Quadro 4 e de acordo com Kansakar *et al.*

#### Quadro 4: Tecnologias inovadoras que podem ser empregadas em um hotel

Tecnologia	Benefício	Eliminar
<b>Gerenciamento de energia</b>	Redução do consumo de energia elétrica e água através do uso de sensores inteligentes e <i>softwares</i> de gerenciamento.	Estoque, defeitos, superprodução
<b>Automação e monitoração predial</b>	Abrange facilidades de controle de elevadores e portas incluindo serviços de autoatendimento para hóspedes. Possibilita geração de relatórios operacionais, aciona preventivamente a manutenção e aumenta disponibilidade dos recursos do hotel.	Espera, estoques, movimentação, transporte
<b>Realidade aumentada e tecnologia <i>beacon</i> (localização)</b>	Interação do hóspede com sistemas do hotel tais como: tradução simultânea; sinalização predial; menus inteligentes; e propagandas personalizadas baseada no comportamento e perfil do cliente.	Espera, processamento extra, movimentação
<b><i>Body Area sensors</i></b>	Através do uso de dispositivos <i>wereables</i> (vestimenta) e sensores, pode-se obter dados corporal do hóspede. Após tratamento destas informações, aplicativos e programas podem ajustar a temperatura do quarto e iluminação, sugerir alimentações especiais, etcetera, proporcionando uma melhor sensação de conforto.	Espera, superprodução

Fonte: Elaborado pelo autor e adaptado de Kansakar *et al.* .

Finalmente, para validar os benefícios promovidos pelo uso da abordagem *Lean* e Novas Tecnologias, propomos analisar os resultados por intermédio da avaliação dos indicadores de performance utilizado pela organização.

## 4. Estudo de Caso

Baseado na revisão de literatura, foram identificados oito estudos de casos que evidenciam a aplicação da abordagem *Lean* e novas tecnologias na indústria de hospitalidade. O quadro 5 lista os artigos analisados e suas respectivas sínteses.

**Quadro 5: Síntese dos estudos de casos identificados na revisão de literatura**

	<b>Autor</b>	<b>Título</b>	<b>Síntese do Estudo de Caso</b>
1	Rauch <i>et al.</i>	Lean Hospitality-Application of Lean Management methods in the hotel sector	Um dos tipos predominantes de gastos no Apex Hotel no Reino Unido eram custos envolvendo os processos de lavanderia. Após empregar conceitos de eliminação de tarefas que não agregam valor foi possível rever o processo como um todo e economizar um total de 5.728 homens hora (HH) por ano.
2	Rauch <i>et al.</i>	Lean Hospitality-Application of Lean Management methods in the hotel sector	Graças à abordagem Lean o Yukai Resort consegue oferecer o mesmo padrão de qualidade que outras unidades da rede, porém pela metade da média dos custos da rede. Atividades são simplificadas como serviços de café da manhã e janta que são oferecidas no formato buffet.
3	Rocha	Aplicação do Lean Seis Sigma ao Setor do Turismo	Hotel localizado no centro de Portugal decidiu implementar o método DMAIC para promover melhoria contínua em algumas das áreas de maior viabilidade. Como consequência deste esforço, foi decidido utilizar o emprego de um sistema informatizado com uso de tablets para que o garçom repasse os pedidos para a cozinha. Desta forma os cozinheiros não perdem mais tempo atendendo telefones dos pedidos.
4	Krstinic Nizic <i>et al.</i>	Importance of intelligent rooms for energy savings in the hotel industry	O hotel Sol Garden Istra implementou um sistema de gerenciamento mensagens de texto (SMS) que enviava mensagens para os gestores sempre que o consumo de energia passava do limite de controle pré-definido. Através de um sistema similar de gerenciamento de energia de energia, chamado Guest Room Energy Management, o hotel Holliday Inn economizou USD \$24.000 em 2006.

5	Kansakar <i>et al.</i>	Technology in Hospitality Industry: Prospects and Challenges	<p>Em pesquisa realizada por Petrevska <i>et al.</i> presume-se que o hotel “Flamingo” economizará em torno de 37% de energia por ano (10.000 € por ano). Esta conquista será possível por meio da inovação utilizando conceitos da IoT como a implementação de um sistema de controle dos equipamentos de climatização, fundamentado em uma simples operação de lógica Fuzzy, observando o comportamento dos hóspedes captado por sensores inteligentes. Além dos benefícios econômicos será possível otimizar o uso de energia elétrica e água, intensificar a percepção de conforto para os clientes, aumentar eficiência dos funcionários e a qualidade dos serviços em geral.</p>
6	Buhalis e Leung	Smart hospitality—Interconnectivity and interoperability towards an ecosystem	<p>A rede internacional de hotel Marriott implementou o uso da IoT onde permite uma maior interação do cliente com o hotel, através de sensores e beacons. Esta interação permite ao sistema ajustar a climatização e iluminação de acordo com as condições identificadas, e desta forma poderá fornecer uma melhor condição de conforto para o hóspede.</p>
7	Zhang <i>et al.</i>	A study of the commercial application of big data of the international hotel group in China: based on the case study of Marriott International	<p>Uma grande rede internacional de hotéis iniciou suas operações na China em 1997. No advento do surgimento da tecnologia big data está corporação enxergou a oportunidade que a grande quantidade de dados gerados pelos clientes através de redes sociais, dispositivos de localização (iBeacon), dispositivos móveis (telefones e celulares), e sistemas como CRM (Customer Relationship Management), e outras plataformas de comércio eletrônico, poderiam incrementar sua rentabilidade. Dito isto, obteve-se uma grande quantidade de dados que trabalhados geraram informações de previsões de demanda e comportamento dos clientes. Isto contribuiu para melhoria dos serviços e aumento da lucratividade.</p>
8	Holanda e Do Nascimento	Um estudo das novas tecnologias a serviço da hotelaria de Fortaleza-CE	<p>A Rede Intercity tem um portal na internet que atualiza em tempo real informações sobre tarifas promocionais. O Hotel Penthouse em Boston possui um sistema que permite identificação da íris para acesso aos apartamentos. O Ária Resort em Las Vegas utiliza um sistema de RFID que abre as portas dos apartamentos quando o hóspede se aproxima. Sistemas de gerenciamento de energia, elevadores inteligentes, check in e check out automatizados são tecnologias que tendem a ser cada vez mais utilizadas em empresas de hospedagem com intuito de reduzir custos e aumentar a qualidade dos serviços prestados</p>

Fonte: Elaborado pelos autores



## 5. Resultados

Foram analisados oito casos de estudos (quadro 5), sendo: dois sobre a abordagem Lean (casos 1 e 2), cinco casos sobre o uso de novas tecnologias (casos 4 a 8), e um caso sobre ambos assuntos (caso 3). Através desta análise, podemos identificar os seguintes tipos de eliminação de desperdícios, conforme quadro 6.

**Quadro 6: Análise dos 8 desperdícios *Lean* observados nos estudos de casos**

Abordagem	Lean			Novas Tecnologias				
	1	2	3	4	5	6	7	8
Estudo de Caso								
Defeitos				X	X			
Superprodução				X	X		X	X
Espera			X			X		X
Extra Processamento	X	X	X					X
Transporte				X				
Estoque				X	X	X		
Movimento			X					
Recursos Humanos		X						

Fonte: Elaborado pelo autor

Constatamos que o processamento extra e superprodução foram os principais tipos de desperdícios eliminados e com incidência de 4 eventos, sendo seguido por espera (3) e estoque (3), defeitos (2), movimentação (1), recursos humanos (1), e transporte (1).

Observamos os seguintes tipos de desperdícios eliminados nos estudos de caso da abordagem Lean: processamento extra (3), seguido por: espera (1), movimentação (1) e recursos humanos (1), e sem desperdícios para defeito, superprodução, estoque e transporte.

Referente ao assunto novas tecnologias, percebemos que superprodução é o principal tipo de desperdícios (4), seguido por estoque (3), defeito (2), espera (2), processamento extra (1), transporte (1), e sem eventos para movimentação e recursos humanos.

## 6. Conclusão

Este estudo teve como objetivo identificar evidências da indústria 4.0 em forma de boas práticas, como o uso de novas tecnologias, cuja finalidade foi eliminar os oito desperdícios da abordagem *Lean* em serviços de hospitalidade. A metodologia proposta possibilitou identificar de que forma a abordagem *Lean*

pode ser aplicada à gestão hoteleira, e quais são algumas das tecnologias inovadoras que podem ser introduzidas no ambiente de um hotel.

Por intermédio da análise dos estudos de casos observamos que o processamento extra foi um dos principais tipos de desperdício eliminado, e consideramos que este comportamento está relacionado à necessidade de melhoria contínua dos processos organizacionais devido a questões de tangibilidade e simultaneidade dos serviços. Em contrapartida, percebemos que o uso de tecnologias para controle de energia pode eliminar desperdícios de superprodução e estoque, devido ao uso excessivo deste insumo para prover serviços, diminuindo assim a incidência de defeitos e esperas, gerando efetiva redução de custos e maximizando a sustentabilidade econômica.

Contudo, concluímos que as abordagens *Lean* e novas tecnologias, se implementadas, fornecem uma infinita gama de boas práticas. Incluindo a questão ambiental, identificando oportunidades de otimização de processos focados na proposta prioritária das organizações mais modernas que é possibilitar maior rentabilidade em um ambiente mais sustentável, criando valor para os seus clientes, fornecedores, funcionários e investidores. E indo mais além, digamos que de certa forma a combinação destas abordagens poderá favorecer uma disruptura no setor de hospitalidade fazendo-o convergir para o universo da indústria 4.0.

Por fim, nossa proposta para estudos futuros é identificar os desafios e benefícios que o uso das novas tecnologias poderá proporcionar, otimizando processos, reduzindo desperdícios, contribuindo para aumentar a sustentabilidade ecológica, gerando novos modelos de negócios, criando novas formas de empregos, e resultando na melhora da qualidade de vida das pessoas.

## Referências

- AAZAM, Mohammad, Imran Khan, Aymen Abdullah Alsaffar, and Eui-Nam Huh. "Cloud of Things: Integrating Internet of Things and cloud computing and the issues involved." In Applied Sciences and Technology (IBCAST), 2014 11th International Bhurban Conference on, pp. 414-419. IEEE, 2014.
- ANDRÉS-LÓPEZ, E., I. González-Requena, and A. Sanz-Lobera. "Lean service: reassessment of lean manufacturing for service activities." *Procedia engineering* 132 (2015): 23-30.
- BATISTA, Silvia. "Relatório de estágio no Sheraton Barra Hotel e Suítes-Rio de Janeiro." (2016).
- BHALE, N. Pai, P. K. Srividhya, V. Mariappan, M. Sony, and V. Belokar. "SIX SIGMA IN SERVICE: INSIGHTS FROM HOSPITALITY INDUSTRY."
- FARRIS, J. A.; Van Aken, E. M.; Doolen, T. L.; Worley, J. (2009). Critical success factors for human resource outcomes in Kaizen events: An empirical study. *International Journal of Production Economics*, 117 (1): 42-65.
- BUHALIS, Dimitrios, and Rosanna Leung. "Smart hospitality—Interconnectivity and interoperability towards an ecosystem." *International Journal of Hospitality Management* 71 (2018): 41-50.
- DELFINO, M. S.; SOUZA, A. L.; Calado, Robisom D. Lean no Serviço de Saúde: Uma Revisão de Literatura. Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2018.
- DE ABREU, Pedro Henrique Camargo. "PERSPECTIVAS PARA A GESTÃO DO CONHECIMENTO NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0." *South American Development Society Journal* 4, no. 10 (2018): 126-145.
- DE OLIVEIRA FERREIRA, Paula, Andreia Strider Nunes Francescki, Denise de Moraes Melo, Juliander Rosa da Silva, and Luana Regina Reichert. "Lean Thinking as support to integration of Service areas." *Journal of Lean Systems* 2, no. 4 (2017): 2-12.
- DOMBROWSKI, Uwe, Philipp Krenkel, and David Ebentreich. "Link mechanisms within the Lean Enterprise." *Procedia CIRP* 57 (2016): 601-606.
- DOPICO, M. et al. A vision of industry 4.0 from an artificial intelligence point of view. In: *Proceedings on the International Conference on Artificial Intelligence (ICAI). The Steering Committee of The World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp)*, 2016. p. 407.
- DO AMARAL AIRES, Regina Wundrack, Fernanda Kempner Moreira, and Patricia de Sá Freire. "Indústria 4.0: desafios e tendências para a gestão do conhecimento." *SUCEG-Seminário de Universidade Corporativa e Escolas de Governo* 1, no. 1 (2017): 224-247.
- FREITAS, J. G., Helder Gomes Costa, and Fernando Toledo Ferraz. "Influência da metodolo-

- gia Lean Six Sigma sobre a sustentabilidade nas organizações-uma pesquisa survey.” XLVIII SBPO (2016).
- FREUND, Fabiana Ferreira, Fernando Alberto Steenbock, Guirahy Airá Casini Marangoni, José Donizetti Vieira, Sérgio Luis de Deus, and Rosângela Maria Angonese. “Novos negócios baseados em internet das coisas.” *Revista da FAE* 1 (2016): 7-25.
- GANDOMI, Amir, and Murtaza Haider. “Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics.” *International Journal of Information Management* 35, no. 2 (2015): 137-144.
- GOHR, Cláudia Fabiana, and Luciano Costa Santos. “Estratégias competitivas para empresas turísticas: um estudo no setor hoteleiro de um município do litoral catarinense.” *Revista Turismo em Análise* 21, no. 2 (2010): 297-319.
- GOU, Zhonghua, and Xiaohuan Xie. “Evolving green building: triple bottom line or regenerative design?.” *Journal of Cleaner Production* 153 (2017): 600-607.
- HASAN, Nasser Mahmoud, and Jhonathan Davi da Silva Reis. “Organizações Inovadoras que Utilizam a Revolução 4.0.” *Interfaces Científicas-Exatas e Tecnológicas* 2, no. 3 (2018): 9-20.
- HARASIM, Linda. “Educação online e as implicações da inteligência artificial.” *Revista da FAEEDBA-Educação e Contemporaneidade* 24, no. 44 (2015).
- HERMANN, Mario, Tobias Pentek, and Boris Otto. “Design principles for industrie 4.0 scenarios.” In *System Sciences (HICSS), 2016 49th Hawaii International Conference on*, pp. 3928-3937. IEEE, 2016.
- HOLANDA, Maria Ivete Almeida, and Gildarley Sena do Nascimento. “Um estudo das novas tecnologias a serviço da hotelaria de Fortaleza-CE.” *Revista Ciências Administrativas ou Journal of Administrative Sciences* 18, no. 2 (2014).
- HUSSAIN, Kamal. “Artificial Intelligence and its Applications goal.” *Artificial Intelligence* 5, no. 01 (2018).
- HENNING, Kagermann. “Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0.” (2013).
- KAMAR, Mahmoud S. Abou. “Six-sigma application in the hotel industry: Is it effective for performance improvement?” *Research Journal of Management Sciences* ISSN 2319 (2014): 1171.
- KANSAKAR, Prasanna, Arslan Munir, and Neda Shabani. “A Novel Fog-Assisted Architecture for the Hospitality Industry.” *arXiv preprint arXiv: 1709.00105* (2017).
- KRIZ, Pavel, Filip Maly, and Tomas Kozel. “Improving indoor localization using bluetooth low energy beacons.” *Mobile Information Systems* 2016 (2016).
- KRSTINIC Nizic, Marinela, Goran Karanovic, and Sasa Ivanovic. “Importance of intelligent

- rooms for energy savings in the hotel industry.” *Tourism and hospitality management* 14, no. 2 (2008): 323-336.
- LANCASTER, Justin M. “Lean and Six Sigma in Hospitality Organizations: Benefits, Challenges, and Implementation.” (2011).
- LEE, Jay, Hung-An Kao, and Shanhu Yang. “Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment.” *Procedia Cirp* 16 (2014): 3-8.
- MANJUNATHA, B., T. R. Srinivas, and C. G. Ramachandra. “Implementation of total productive maintenance (TPM) to increase overall equipment efficiency of a hotel industry.” In *MATEC Web of Conferences*, vol. 144, p. 05004. EDP Sciences, 2018.
- MARIN-Pantelescu, Andreea. “The Perspectives of Romania Hospitality Employment.” *International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences* 7, no. 3 (2017): 126-130.
- MASAI, Pierre, Pierre Parrend, and Cecilia Zanni-Merk. “Towards a formal model of the lean enterprise.” *Procedia Computer Science* 60 (2015): 226-235.
- MINOLI, Daniel, Kazem Sohraby, and Benedict Occhiogrosso. “IoT considerations, requirements, and architectures for smart buildings—Energy optimization and next-generation building management systems.” *IEEE Internet of Things Journal* 4, no. 1 (2017): 269-283.
- MOLINA-Solana, Miguel, María Ros, M. Dolores Ruiz, Juan Gómez-Romero, and María J. Martín-Bautista. “Data science for building energy management: A review.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 70 (2017): 598-609.
- MOREIRA, Alessandro Felipe Miguez. “Assistência à autonomia no domicílio com integração de Automação e Inteligência Artificial.” PhD diss., 2017.
- MOREIRA, Fernanda Kempner, and Patricia de Sá Freire. “INDÚSTRIA 4.0: COMPETÊNCIAS REQUERIDAS AOS PROFISSIONAIS DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL.”
- MOVASSAGHI, Samaneh, Mehran Abolhasan, Justin Lipman, David Smith, and Abbas Jamalipour. “Wireless body area networks: A survey.” *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 16, no. 3 (2014): 1658-1686.
- NEWMAN, Nic. “Apple iBeacon technology briefing.” *Journal of Direct, Data and Digital Marketing Practice* 15, no. 3 (2014): 222-225.
- OLIVEIRA, Josildete Pereira, Luciano Torres Tricárico, Bruna Gorski Varella, and Guilherme Garcia Velasquez. “Arquitetura hoteleira sob a ótica da sustentabilidade e da hospitalidade do espaço: um estudo sobre a aplicação dos conceitos de sustentabilidade e hospitalidade do espaço em projetos de hotéis.” *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo* 10, no. 1 (2016): 189-209.
- PACHECO, Fabiana Beal, Amarolinda Zanela Klein, and Rodrigo da Rosa Righi. “Modelos de

- negócio para produtos e serviços baseados em internet das coisas: uma revisão da literatura e oportunidades de pesquisas futuras.” REGE-Revista de Gestão 23, no. 1 (2016): 41-51.
- PETREVSKA, Biljana, Vlatko Cingoski, and Saso Gelev. “From Smart Rooms to Smart Hotels.” Zbornik radova sa XXI međunarodnog naučno-stručnog skupa Informacione tehnologije-sadašnjost i budućnost, Žabljak. 29 feb 05 mar 2016 21 (2016): 201-204.
- RAUCH, Erwin, Andreas Damian, Philipp Holzner, and Dominik T. Matt. “Lean Hospitality-Application of Lean Management methods in the hotel sector.” 2016.
- ROCHA, Silvia Carvalho dos Santos. “Aplicação do Lean Seis Sigma ao Sector do Turismo.” Master’s thesis, 2014.
- ROSA, Ana Carolina Martins. “Análise entre os setores industrial e de serviços: uma revisão bibliográfica das melhorias obtidas através da aplicação do Lean Six Sigma.” Bachelor’s thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.
- SANTOS, Beatrice Paiva, Agostinho Alberto, Tânia Daniela Felgueiras Miranda Lima, and Fernando Manuel Bigares Charrua-Santos. “INDUSTRY 4.0: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES.” Revista Produção e Desenvolvimento 4, no. 1 (2018): 111-124.
- SAYER, Natalie J., and Bruce Williams. *Lean for dummies*. John Wiley & Sons, 2012.
- SILVA, Artur Manuel Ferreira da. “Aplicação de técnicas Lean Office nos serviços académicos de uma universidade.” PhD diss., 2014.
- SUNDER, M. Vijaya. “Synergies of lean six sigma.” IUP Journal of Operations Management 12, no. 1 (2013): 21.
- UNWTO. “World Tourism Barometer”. Volume 15. December 2017. Accessed April 04, 2018. [http://cf.cdn.unwto.org/sites/all/files/pdf/unwto\\_barom17\\_06\\_december\\_excerpt\\_.pdf](http://cf.cdn.unwto.org/sites/all/files/pdf/unwto_barom17_06_december_excerpt_.pdf).
- ZHANG, Ying, Sheng Shu, Zhongjuan Ji, and Yaxin Wang. “A study of the commercial application of big data of the international hotel group in China: based on the case study of marriott international.” In *Big Data Computing Service and Applications (BigDataService)*, 2015 IEEE First International Conference on, pp. 412-417. IEEE, 2015.

# Lean Startup: Como Indústrias estão Desenvolvendo Produtos Inovadores Utilizando Metodologia Aplicada em Startups do Vale do Silício.

---

*Sandra Elisabeth<sup>6</sup>*  
*Celso da Costa Carrer<sup>2</sup>*

Professora na Universidade São Francisco  
Programa de Pós-graduação em Gestão e Inovação na Indústria Animal –  
Mestrado Profissional – Universidade de São Paulo – FZEA;  
Diretora da Síndreams Aceleradora /

Doutor em Engenharia Agrícola / Especialista em Administração Rural /  
Livre-docência em Educação Empreendedora / Pós-Doutor em Ecossistemas  
de Inovação

Suplente de Coordenador do Programa de Mestrado Profissional em Gestão  
e Inovação na Indústria Animal - FZEA/USP<sup>2</sup>

## 1. Introdução

Inovar não é mais uma opção para as indústrias, é uma necessidade! Todo empresário e empreendedor precisam analisar o mercado e desenvolver inovações para atender as demandas dos novos consumidores e da Indústria 4.0. Inovar atualmente é mais que simplesmente fazer algo novo, é principalmente conhecer qual a proposta de valor que o cliente compra e está disposto a pagar, criar novos modelos de negócio. Desenvolver um produto inovador representa atender uma demanda de mercado que até o momento não foi atendida, implicando também em ser aceito pelo mercado e assim gerar receita. Inovação é a ação ou o ato de inovar, ou seja, modificar antigos costumes, manias, legislações, processos, etc . Ou ainda, parafraseando Geoff Nicholson ex-presidente da 3M e criador do Post-it, “inovar é transformar conhecimento em dinheiro” .

Para o desenvolvimento de produtos inovadores será apresentado neste ca-

---

6 Contato: [sandra@syndreams.com.br](mailto:sandra@syndreams.com.br)

pítulo um estudo de caso qualitativo realizado em uma média indústria de tratamento de superfícies, localizada no Estado de São Paulo, que utilizou a metodologia Lean Startup e a ferramenta de Canvas do MVP (Produto Mínimo Viável) para criar um higienizador bactericida de bolsa, pensado para o público feminino e que é usado principalmente para desinfetar o assento do vaso sanitário antes do uso.

A empresa estudada desenvolveu o produto em três meses, partindo apenas da intenção de inovar. No início não tinha certeza do que se faria de novo e nem ao menos qual seria o tipo de inovação a ser desenvolvida. Com o uso do Lean Startup e do Canvas do MVP foi possível enxergar as oportunidades do mercado e criar algo realmente diferenciado.

Planejar antes de inovar. É preciso estruturar o processo de inovação para que este seja perene na indústria, já que esta só será inovadora quando combinar processos de inovação independentes, iniciá-los e executá-los de modo regular atendendo sempre a demanda e expectativa de seus clientes.

E como a incerteza é inerente ao processo de inovação, a metodologia lean startup aliada ao Canvas do MVP reduz os riscos do novo empreendimento, possibilitando à indústria investimentos mais assertivos.

## 2. Referencial Teórico

Desenvolver um produto inovador para uma pequena ou média empresa é sempre desafiador, pois diferente das grandes empresas, estas não contam com times de P&D e tão pouco com recursos financeiros suficientes para contratar consultores ou especialistas externos para auxiliá-los com este tipo de desenvolvimento.

Não são raras as vezes que os novos produtos lançados por estas empresas sejam apenas cópias ou similares de seus grandes concorrentes. E esta situação apenas fica mais difícil quando se trata de empresas prestadoras de serviços, devido as características de intangibilidade do negócio.

Porém, com o início da quarta revolução industrial, a chamada Indústria 4.0, as empresas que desejarem permanecer no mercado precisarão mudar sua postura e se tornarem inovadoras.

Métodos de planejamento de longo prazo deixaram de ser eficientes neste novo cenário devido a velocidade que a tecnologia muda, a forma de se produzir, comprar e usar produtos e serviços.

A metodologia Lean Startup apresenta uma forma mais rápida, eficaz e com a necessidade de poucos recursos para se chegar a este produto e serviço inovador.

### Lean Startup

O Lean Startup é uma abordagem que busca eliminar o desperdício de tempo e de recursos gastos com o esforço de tentar compreender o que os clientes



realmente querem. A tarefa do Lean Startup é encontrar “uma síntese entre a visão da empresa e o que os clientes aceitariam: não se render ao que os clientes acham que querem ou dizer aos clientes o que eles devem querer” .

A proposta Lean Startup vai de encontro aos dois primeiros princípios que compreendem o modelo de Sistema Enxuto de Desenvolvimento de Produto que são: “identificar o valor definido pelo cliente para separar valor agregado do desperdício e concentrar esforços no início do processo de desenvolvimento de produto para explorar integralmente soluções alternativas enquanto existe máxima flexibilidade de projeto” .

Um dos princípios do Lean Startup, é o tripé “construir, medir e aprender – transformar ideias em produtos, criando algo para os clientes, medir seus resultados com os clientes, aprender com o feedback destes e recriar a partir do que aprendeu” .

Este tripé é muito similar ao Ciclo PDCA (Plan, Do, Check e Action), que é um método conhecido e utilizado para manutenção, melhoria e inovação de produtos, serviços e processos . A figura 1.1 criada por Sandra Elisabeth demonstra graficamente a correlação do ciclo PDCA com a metodologia Lean Startup.



Figura 1.1: Contraposição do ciclo PDCA com a metodologia Lean Startup e

O desenvolvimento de novos produtos e serviços passou a ser obrigatório no cenário atual de inovação, porém torna-se também necessário testar várias ideias e conceitos até que se defina o conceito geral a perseguir .

A abordagem *Lean Startup* diz respeito a esta fase do desenvolvimento de um produto, auxiliando o empreendedor a chegar no que será considerado ideal para seu cliente.

## **1.1 Planejamento estratégico lean**

O *Lean Startup* em seu conceito de contruir – medir – aprender sugere que o empreendedor idealize um produto ou serviço, construa sua ideia em formato de produto mínimo viável e teste-o no mercado, porém não auxilia este na fase mais complicada e desafiadora que é o processo de geração de ideias .

Quando o empresário ou empreendedor possuem uma grande ideia, um projeto inovador, utilizar-se da metodologia *Lean Startup* é mais prático para tirar a ideia do papel. Porém esta não é a realidade de grande parte do empresariado brasileiro, que vê como sua principal dificuldade ter ideias inovadoras .

O modelo de planejamento estratégico lean, funciona como uma “lente de aumento” do mercado que observa o que está acontecendo e retira dele informações valiosas que ajudarão na criação de ideias inovadoras mediante a necessidade e desejo dos clientes .

O passo a passo desta metodologia consiste na utilização de outras ferramentas já conhecidas, como análise SWOT, Oceano Azul, Business Model Canvas, Produto Mínimo Viável e desenvolvimento de Metas e Estratégias.

### **2.2.1 Análise SWOT**

Uma boa ideia geralmente nasce da percepção de uma oportunidade no mercado, porém para perceber esta oportunidade, é necessário prestar atenção no ambiente ao redor. Para auxiliar nesta ardua tarefa pode-se utilizar a ferramenta da Análise de Ambiente que resulta na Análise SWOT .

Também conhecida como PFOA (Potencialidades; Fraquezas; Oportunidades; Ameaças) ou FOFA (Pontos Fortes; Oportunidades; Pontos Fracos; Ameaças), a Matriz SWOT (Strength; Weakness; Opportunity; Threat) é um quadro resumo da Análise de Ambiente da empresa, dividida em quadro quadrantes .

- As Forças são tudo o que auxilia sua empresa a crescer, todas as coisas boas e positivas que estão no ambiente interno e no micro ambiente;
- As Fraquezas são as coisas ruins ou falhas que sua empresa ainda tem e que encontramos no ambiente interno e no micro ambiente;
- As Oportunidades são os GAP's que você enxergou no macro ambiente e que você consegue atender;

- As Ameaças também estão no macro ambiente e podem atrapalhar você de conseguir atingir seus objetivos.

As informações encontradas nesta análise podem auxiliar uma empresa a alavancar o empreendimento! Para que esta alavancagem aconteça é necessário identificar quais as principais oportunidades existentes no mercado conjuntamente com os pontos fortes da empresa. O objetivo desta análise no planejamento estratégico lean é utilizar as potencialidades da empresa para aproveitar ao máximo as oportunidades que o mercado está oferecendo .

Portanto não cabem discussões do tipo: “se nós tivemos ‘isso’ conseguiríamos aproveitar a oportunidade”; “se nós tivéssemos ‘aquilo’...” .

Não devemos esquecer as fraquezas e as ameaças, porém o desenvolvimento de um novo produto ou serviço exige da empresa foco e se este estiver voltado para resolver problemas ao invés de trazer soluções, a velocidade das inovações no mercado poderá tornar o novo obsoleto antes mesmo de ser lançado no mercado .

### **2.2.2 Oceano Azul**

O preceito do oceano azul é “atacar” mercados que ainda não foram explorados, que não possui concorrentes. Geralmente, são produtos inovadores, que atendem uma necessidade ou desejo que não foi ainda explorada pelo mercado.

Quando a empresa já existe e já atua no mercado; encontrar este “oceano azul” é mais difícil, devido principalmente aos paradigmas que esta possui .

Para alcançar o oceano azul, recomenda-se que:

- 1º Identifique o que o cliente compra hoje.
- 2º Identifique o que o cliente espera do produto ou serviço, de maneira geral.
- 3º Identifique quais são os concorrentes.
- 4º Enumere quantos concorrentes conseguem atender os requisitos dos clientes.
- 5º Pontue o que a empresa oferece e o que os concorrentes oferecem.
- 6º Compare as pontuações.
- 7º Verifique o que a empresa tem de diferencial, aquilo que ninguém mais entrega e que os clientes precisam, compram e esperam que o produto ou serviço tenha.

Este diferencial mostrará o caminho do “oceano azul”; ajudando a definir os próximos passos e também quais inovações serão necessárias desenvolver para ficar à frente dos concorrentes.

### 2.2.3 Canvas

“Um modelo de negócios descreve a lógica de criação, entrega e captura de valor por parte de uma organização”. De forma bem simples é o documento que demonstra a forma como a empresa cria valor para seu público alvo. É a forma ideal para começar a desenvolver um novo produto, serviço ou mesmo empresa.

Ele deve ser elaborado pela equipe, pois é isso que garante a visão sistêmica do empreendimento e o envolvimento depois na implantação do que foi acordado.

Apesar de existir vários modelos de negócios diferentes, o planejamento estratégico lean utiliza-se do Business Model Canvas de Osterwalder.

O modelo de negócio oferece as respostas para as perguntas de criação e desenvolvimento do produto mínimo viável.

O Business Model Canvas é dividido em 9 quadrantes.

1. Cliente: se refere a quem será atendido, para quem é a solução proposta.
2. Proposta de valor: diz respeito ao que a empresa oferecerá para o cliente. Tem ligação ao negócio da empresa e ao valor que ela entrega para o público alvo.
3. Canais: apresenta a forma como a empresa entrega estes valores para seus clientes e o como o público alvo conseguirá chegar até a empresa. Geralmente é o canal de vendas e atendimento da empresa.
4. Relacionamento: se trata da fidelização do público alvo. Mostra como a empresa pretende se relacionar com o cliente.
5. Fontes de receitas: é a identificação do que o cliente irá pagar, se referindo ao quanto ele pagaria pelos benefícios que lhe são oferecidos. Aqui o empresário define também se o produto será vendido, alugado, por modelo de assinatura, etc.
6. Atividades chaves: é uma lista de ações que precisam ser feitas para que o projeto aconteça.
7. Recursos chaves: diz quais recursos serão necessários para realizar as atividades chaves.
8. Parceiros chaves: são as pessoas ou empresas que podem ajudar no desenvolvimento do produto ou serviço, atuando nas atividades chaves, oferecendo recursos chaves ou ainda proporcionando facilidades nos canais ou relacionamento com o cliente.
9. Custos: levantamento dos custos principais para realização do negócio. Geralmente eles estão ligados aos recursos chaves e atividades chaves.

Os quadrantes clientes; proposta de valor; canais; relacionamento e fonte de receitas dizem respeito ao produto ou serviço oferecido e seu público alvo.

Os demais referem-se as atividades do dia a dia da empresa e de como o empreendedor lidará com elas.

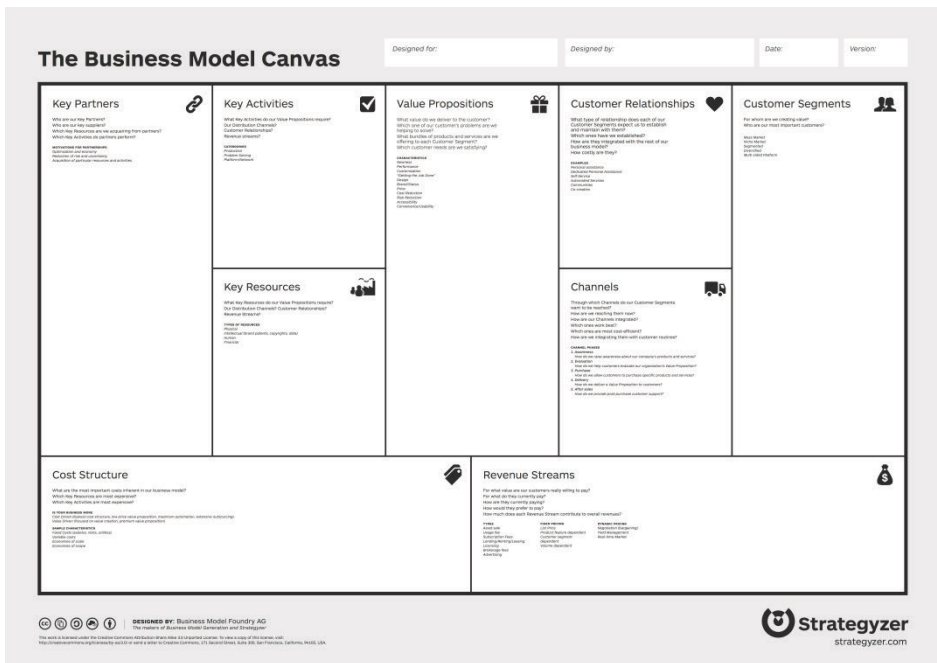


Figura 1.2 Business Model Canvas

### 2.2.4 Produto Mínimo Viável (MVP)

O MVP não é uma versão pobre do produto final ou uma versão mais barata. Na verdade ele é o produto que atende aos principais valores estabelecidos no CANVAS .

“O MVP ajuda os empreendedores a começarem o processo de aprendizagem o mais rápido possível. No entanto, não é necessariamente o menor produto imaginável; trata-se, apenas, da maneira mais rápida de percorrer o ciclo construir – medir – aprender de feedback com o menor esforço possível” .

Para desenvolver o MVP o empreendedor precisa levar em consideração .

1. Público-Alvo (Cliente);
2. Principais valores deste público;
3. Quais recursos o empreendedor tem em mãos (dinheiro, matéria-prima, etc);
4. Desenvolver com estes recursos o produto que atenda estes valores.

O MVP não é o produto acabado, é um produto que será vendido, testado e validado pelo mercado. Assim, o empreendedor não pode gastar todas as suas fichas de uma única vez neste MVP.

A figura 1.3 é a ferramenta MVP Canvas, desenvolvida por Sandra Elisabeth e que auxilia empresários e empreendedores à desenvolverem novos produtos no formato mínimo viável:

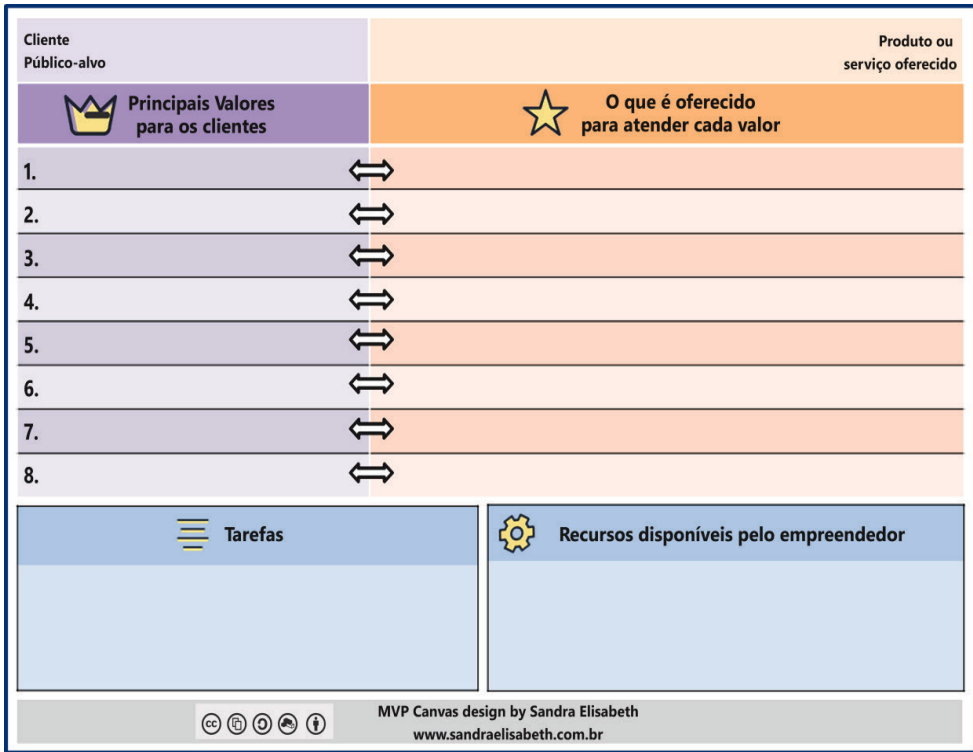


Figura 1.3 MVP Canvas

### 2.2.5 Metas e estratégias

“Toda empresa tem uma estratégia, afinal todos têm em mente como vender seus produtos ou serviços, atender seus clientes ou ganhar do seu concorrente .

A diferença é que algumas empresas expressam fisicamente sua estratégia e outras não, ou administrativamente falando, algumas empresas planejam suas estratégias e outras não o fazem .

O planejamento estratégico é o processo contínuo, sistemático e com maior conhecimento possível do futuro contido .

Toda estratégia precisa ter uma meta, um objetivo. Isto é importante para que se conheça claramente onde pretende-se chegar com o plano que será implantado na empresa.

As metas e os objetivos precisam ser:

1. Mensuráveis: mesmo os qualitativos precisam ser mensurados de alguma forma, ter um método de acompanhamento para que se possa saber se estamos ou não atingindo este objetivo ou meta.

2. Temporais: é necessário saber em quanto tempo se pretende atingir esta meta ou por quanto tempo se manter o objetivo. Sem esta informação poderemos levar ‘a vida toda’ tentando e não saberemos que estamos longe de conseguir.

3. Atingíveis: a meta precisa ser possível de ser realizada no tempo pre-

visto, pois caso contrario poderá causar desmotivação da equipe e dos envolvidos e esta desmotivação prejudicará ainda mais a possibilidade de se alcançar a meta. Da mesma forma uma meta não desafiadora pode fazer com que a empresa perca produtividade já que os membros não foram desafiados corretamente. Ser atingível significa no final das contas ter equilíbrio entre o muito desafiadora e o nada desafiadora.

4. Relacionados com a estratégia: parece óbvio, mas precisa ser dito – as metas e objetivos precisam estar ligadas diretamente com a estratégia da empresa ou startup. Não dá simplesmente para sair inventando números para que sejam seguidos!

Geralmente a empresa faz um planejamento estratégico amplo e único que inclui toda a empresa. Porém para se realizar a implementação deste plano é necessário que ele seja dividido entre as áreas funcionais da empresa para que cada um saiba exatamente o que deverá fazer.

Cada área funcional deverá ter um plano de ação específico ligado ao planejamento principal da empresa e quando se trata do lançamento de um novo produto, este plano de ação torna-se ainda mais necessário.

Uma forma de se preparar o plano de ação é respondendo as questões presentes na tabela 1.1 :

**Tabela 1.1 Questões que auxiliam na elaboração do plano de ação (adaptado)**

Perguntas	Comentários
O quê?	O que deve ser feito, quais são os passos ou etapas necessárias, quais dependem de quais, e quais podem ser realizados simultaneamente?
Depende de quê?	Essa atividade depende de qual?
Quem?	Quem deve executar cada atividade e quem deve supervisionar sua execução e responder por prazos, qualidade e orçamento de cada etapa?
Por quê?	Justificativa da etapa.
Como?	Como a etapa deverá ser executada?
Até quando?	Até quando aquela atividade deve estar completada?
Quanto custa?	Quanto vai custar a etapa, quanto será gasto para realizá-la?
Recursos necessários	Que outros recursos são necessários, em cada etapa, como recursos humanos, informações, relatórios, licenças, patentes, equipamentos, espaço físico, máquinas e tecnologias?

### 3. Estudo de Caso

Este trabalho utilizou-se do procedimento de pesquisa bibliográfica, que toma como objeto livros e artigos científicos, tendo a finalidade de buscar relações entre conceitos, características e ideias sobre o tema discutido e também do estudo de caso, que permitiu observar e compreender com profundidade a realidade do processo de desenvolvimento de um produto no formato de Produto Mínimo Viável (MVP) em uma média indústria de tratamento de superfícies, localizada no Estado de São Paulo.

Um estudo de caso pode ser conduzido seguindo a proposta, de conteúdo e sequência, apresentada abaixo :

- Definição de uma estrutura conceitual-teórica, definido no item de referencial teórico, onde buscou-se levantar os principais autores que discutem o tema;
- Planejamento do caso, estruturado para desenvolver um produto inovador a partir das premissas do Produto Mínimo Viável apresentado originalmente por Eric Ries e adaptado por Sandra Elisabeth;
- Condução de teste piloto: verificando a qualidade dos dados, através de observação e participação da pesquisadora durante o desenvolvimento do produto;
- Coleta de dados: realizada durante as reuniões de planejamento e desenvolvimento do produto mínimo viável;
- Análise de dados e geração do relatório: apresentado no item resultados.

Diante disso, as principais informações que se buscou durante o estudo de caso foi o conhecimento do processo de planejamento para o desenvolvimento do produto mínimo viável e o tempo gasto da ideia ao projeto final.

Para a coleta desses dados a pesquisadora pode participar de todo o processo de desenvolvimento do produto mínimo viável , tendo acesso as decisões tomadas e conhecendo os motivos pelo qual estas foram tomadas..

Os dados do estudo de caso são qualitativos, e a sua análise foi feita dividindo o projeto em duas partes, onde a primeira se trata das análises de mercado e a segunda do desenvolvimento em si do produto.

### 4. Resultados e Discussões

A empresa estudada desejava mudar a característica do seu produto e serviço prestado e também buscava atuar em um mercado diferente do atual.

Como a expertise dela estava ligada ao setor industrial químico, o pedido dos empreendedores era o de aproveitar o conhecimento técnico da equipe e



também toda a estrutura que já atendia a legislação da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e de documentação que a empresa já possuía.

#### **4.1 Primeira parte do projeto:**

Primeiramente identificamos quais eram as oportunidades que estavam presentes no mercado do setor químico.

Para discutir esse tipo de situação a ferramenta que foi utilizada foi a ferramenta de análise SWOT; onde se buscou dentro do mercado fatores que pudessem comprovar ou quebrar paradigmas sobre quais os melhores mercados de atuação.

A diretora da empresa estudada gostaria de atuar com produtos de cosméticos ou de limpeza de casa. Porém, a análise do mercado provou que existe um grande número de concorrentes produzindo e vendendo este tipo de produto e que trazer inovações nesta área custaria muito mais recursos do que ela tinha disponível.

Dentro dos potenciais da empresa estava a estrutura física que atendia todas as normas da CETESB, envolvendo proteção ao meio ambiente e reuso de água, equipe preparada para atuar com qualquer produto químico e certificação ISO 9001.

Porém, entre as fraquezas existia a falta de recursos financeiros para grandes investimentos, o que é comum em pequenas e médias empresas familiares.

Olhando para o mercado foi possível perceber um aumento muito grande do consumo de cosméticos nos últimos anos pelas brasileiras, principalmente da classe média baixa que passou ter à sua disposição mais dinheiro e produtos mais baratos. Por outro lado um grande número de pequenas empresas começaram a criar marcas de cosméticos, terceirizando toda a produção com empresas químicas.

Esta realidade não agradava muito os sócios do empreendimento, mas poderia ser uma possibilidade se tornar uma empresa terceirizada fabricante de produtos de limpeza ou de cosmético. O fato era que neste modelo a empresa teria um ganho real muito menor, pois não seria a detentora da marca e estaria novamente em um oceano vermelho!

De posse das informações de mercado partimos para análise dos concorrentes e para análise da viabilidade financeira do empreendimento.

Nesse momento percebemos que a produção de cosméticos é razoavelmente barata do ponto de vista de matéria prima para formulação, mas exige um alto investimento em embalagem, comunicação e estratégia de posicionamento de marca devido o grande número de concorrentes existentes.

Por outro lado, produtos de higiene limpeza tem um custo baixo de produção e de embalagem, exige o mesmo de comunicação e posicionamento de marca, e ainda concorre diretamente com todos os atores do mercado, desde a dona de casa que fabrica artesanalmente seu sabão em pedra até grandes conglomerados.

Observando o mercado externo, para saber quais eram as novidade na área de limpeza, higiene pessoal e cosméticos. Começamos a levantar algumas necessidades específicas dos clientes que buscavam este tipo de produto.

Com o uso da ferramenta do Oceano Azul, chegamos a conclusão que o cliente precisava de um produto que funcionasse como higiene pessoal e cosmético, simultaneamente!

Para saber exatamente o que era essa produto, foi utilizado inicialmente o Business Model Canvas para definir o principal público alvo e a partir daí identificar qual a proposta de valor deste cliente.

#### **4.2 Segunda parte do projeto**

De posse destas informações e com o auxílio da ferramenta MVP Canvas nasceu a ideia do higienizador bactericida focado no público feminino e materno que deseja higienizar o vaso sanitário ou trocador de bebê antes de usar. O produto precisa matar todas as bactérias presente no local, garantir a higiene, não agredir a pele, ser hipoalergênico, secar imediatamente o uso para que se possa utilizar o vaso sanitário ou trocador e caber dentro da bolsa.

A ideia estava formatada e como os sócios são da área, o processo de formulação foi feito pelos próprios. De posse da necessidade específica do público alvo o desenvolvimento da fórmula final foi feita rapidamente!

Como a embalagem deveria ser pequena e caber na bolsa, não era necessário uma grande produção inicial do produto, o que possibilitou a fabricação do primeiro lote com a estrutura atual da empresa, sem nenhum outro investimento.

Com o produto pronto, o objetivo passou a ser ouvir o feedback do cliente para saber se a empresa estava no caminho certo. As vendas iniciais foram feitas no modelo de venda direta, onde os próprios empreendedores faziam o papel de vendedor do produto, conversando diretamente com o público alvo.

Uma preocupação inicial era com o tamanho da embalagem (quantidade de produto), que para os sócios estava pequena demais, se comparado com o preço de vendas que foi estabelecido.

Esta dúvida, demonstrou-se desnecessária, já que o feedback da maior parte dos clientes foi a de que a embalagem poderia ser ainda menor, quase do tamanho de um perfume de bolsa (para se ter uma comparação) e que eles não se importariam em pagar o mesmo preço por uma quantidade menor do produto.

De posse das informações de feedback a empresa estabeleceu uma estratégia de produção em média escala, e está preparando o lançamento de uma plataforma online para que os clientes possam comprar diretamente seus produtos da fábrica e ainda solicitar pequenas customizações neste, tais como perfume do produto e embalagem (cor e tamanho).

## 5. Conclusão

Inicialmente a empresa estudada tinha apenas o desejo de desenvolver um novo produto nos moldes de startups do Vale do Silício nos Estados Unidos, porém não sabia ao certo o que desenvolver.

Utilizando-se do Planejamento Estratégico Lean e da metodologia do MVP Canvas, utilizado por aceleradoras de startups, no prazo de três meses foi possível ter a ideia, encontrar o melhor mercado de atuação – com o menor número de concorrentes, desenvolver o modelo de negócios, criar o produto mínimo viável e desenvolver o plano de ação para inserção deste no mercado.

A pesquisa continua, a medida que agora será necessário acompanhar o produto no mercado, medindo o feedback dos demais clientes. Este acompanhamento acontecerá durante nove meses, prazo suficiente para levantar todas as informações necessárias de ajustes do produto.

O investimento para este desenvolvimento ficou 50% abaixo do limite de recursos financeiros definido como disponível para desenvolvimento de novos produtos pela empresa (esta não autorizou divulgar números e resultados financeiros de forma direta) e para a próxima etapa espera-se investir o que as vendas iniciais do MVP estiverem retornando.

# Referências Bibliográficas

- TRÍAS DE BES, Fernando; Kotler, Philip. A bíblia da inovação (São Paulo: Leya, 2011).
- CRUZ, Renato. O desafio da inovação: a revolução do conhecimento nas empresas brasileiras. São Paulo: SENAC, 2011.
- RIES, E. A Startup Enxuta: como os empreendedores atuais utilizam a inovação contínua para criar empresas extremamente bem-sucedidas (São Paulo: Lua de Papel, 2012).
- MORGAN, J. M. e LIKER, J. K. Sistema Toyota de desenvolvimento de produto: integrando pessoas, processos e tecnologia (Porto Alegre: Bookman, 2008).
- CALADO, R. D; CALARGE, F. A.; BATOCCHIO A. Método de diagnóstico empresarial - MDE: melhorias do gerenciamento da capacidade e otimização dos processos (XVIII Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva, Vol. cd, pp.1-8, São Paulo, SP, Brasil, 09/2010).
- SLACK, N. et al. Administração da Produção. 3 ed (São Paulo: Atlas, 2009).
- ELISABETH, S. CALADO, R. Planejamento Estratégico Lean. 2 ed(Rockville-MD: GlobalSouth Press, 2017)
- PORTER, M. Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência. 2. ed. (Rio de Janeiro: Elsevier, 2004 – 7ª reimpressão).
- OSTERWALDER, Alexander (2011). Inovação em modelos de negócios. Business Model Generation Rio de Janeiro, Alta Books.
- DRUCKER, P. Introdução a Administração (São Paulo: Pioneira, 1984).
- COSTA, E.A. Gestão Estratégica (São Paulo: Saraiva, 2003).
- MIGUEL, P.A.C et al. Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. 2. ed. (Rio de Janeiro: Elsevier, 2011).

# Utilização do Método DMAICS com Foco na Redução de Não Conformidades nos Processos de Inspeção e Reparo de Tubos e Acessórios:

Um Estudo de Caso em uma Empresa do Setor de Óleo e Gás

---

*Ana Carolina Léo<sup>7</sup>, Cassio Almeida<sup>8</sup>, Fredjoger Mendes<sup>9</sup>, João Pedro Conceição<sup>10</sup>, Vitor Eduardo Martins<sup>11</sup> e Warley Gomes<sup>12</sup>*

Vallourec Transportes e Serviços

## 1. Introdução

Em um cenário de demanda oscilante de solicitação de serviços *Upstream* (Exploração, Perfuração & Produção) do setor de óleo e gás, se faz necessária maior eficácia nos processos produtivos. Tendo isso em vista, para o estabelecimento e sustentabilidade do negócio, as empresas devem cada vez mais ter conhecimento de métodos e ferramentas que reduzam as não conformidades em seu sistema produtivo. Um dos métodos para redução destas não conformidades consiste no mapeamento dos riscos responsáveis por ocasionar as mesmas.

A empresa em questão, que será reconhecida neste documento com o pseudônimo de X, é uma empresa de tubos do setor de óleo e gás. A mesma possui em seu sistema de gestão um método de auditorias cujo propósito é garantir que, em seu processo de fabricação, haja o mínimo ou nenhuma não conformidade. Quando elas existem, são corrigidas imediatamente, antes de seguirem

---

7 Universidade Federal do Rio de Janeiro;

8 Instituto Federal Fluminense;

9 Universidade Federal Fluminense;

10 Universidade Federal do Rio de Janeiro;

11 Universidade Federal Fluminense;

12 Faculdade Cenecista de Rio das Ostras.

para o próximo posto de trabalho. Com o intuito de manter os pilares da qualidade na empresa, foi estabelecido um conjunto de conceitos que devem ser seguidos em todas as áreas produtivas da empresa X. São eles: documentação correta, especificações técnicas certas, embalagem e armazenamento adequados e informações de rastreamento exatas.

Durante a aplicação dos métodos, teve-se por objetivo detectar os riscos de potenciais não conformidades associadas aos processos de inspeção e reparo das fábricas. Tendo isso em vista, o artigo terá por objetivo apresentar a aplicação de um conjunto de ferramentas associadas à abordagem *Lean Manufacturing* na empresa X, tal como seus resultados.

Dessa forma, o presente artigo tem como primeira parte, a introdução apresentada. Em seguida, será mostrada a revisão teórica onde serão apresentados os conceitos a serem discutidos na parte seguinte, a metodologia. Por fim, haverá os resultados e a conclusão do trabalho.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1. Sistema Toyota de Produção e *Lean Manufacturing*

Em uma organização onde são utilizadas operações por sistemas produtivos complexos e serviços customizados, é possível estabelecer uma relação com o Sistema Toyota de Produção (*Toyota Production System* – TPS). A filosofia metodológica do TPS contém diversas técnicas para identificar, analisar e resolver problemas em situações que, *a priori*, não têm solução, norteando produção empurrada, para enxuta ou *Lean Manufacturing*. O TPS, surgido no Japão após a Segunda Guerra Mundial, foi a primeira representação da manufatura enxuta do *Lean Manufacturing* no mundo.

O TPS tem como grande objetivo a redução de desperdícios. Para tanto, tem duas grandes bases. A primeira é o *just-in-time* (JIT), isto é, a montagem somente se inicia no momento necessário e com a quantidade necessária. A segunda é a autonomia (*Jidoka*), que é a automação com toques humanos.

Em um cenário em que a demanda tende a oscilar com frequência, o que faz diferença em um cenário corporativo altamente competitivo, é o modo como cada empresa encara esse fato. Nesse contexto, produzir com zero defeitos se torna muito importante para padronizar a sistemática organizacional, pois isso leva a ações corretivas, no sentido de eliminar completamente o problema. Godoy e Stefano complementam afirmando que para que uma aplicação do TPS seja adequada, é necessário entender primeiramente a sua natureza, de modo que cada operação e processo sejam planejados, considerando todas as possibilidades de falhas, agrupando e simplificando os sistemas da empresa, a fim de auxiliar os gestores. Além disso, a utilização do TPS é uma maneira da organização ampliar seu capital de informações, aderindo a novas estratégias, novos planejamentos, utilizando-se de recursos próprios, onde muitas vezes podem produzir em maior

escala com menos máquinas, pessoas, matéria prima, entre outros fatores.

Apesar do conhecimento mundial do sistema de produção da montadora japonesa, o termo “*Lean Manufacturing*” somente surgiu anos depois, no livro “A Máquina que Mudou o Mundo”, após um estudo feito pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (*Massachusetts Institute of Technology* – MIT) sobre a indústria automobilística de todo o mundo . Nesse estudo foi comprovado que o TPS era mais vantajoso que os outros métodos de produção no que tangia a desenvolvimento de produtos, produtividade e qualidade .

A produção enxuta, ou *Lean Production*, é um sistema sociotécnico conectado, cujo objetivo é a eliminação do desperdício através da redução ou minimização simultânea da variabilidade interna dos clientes e dos fornecedores . Ferramentas como *kanban*, células de produção, *poka-yokes* e tempo de *setup* rápido estão envolvidas na implementação do *Lean Production* .

O *Lean Production* possui os mesmos pilares do TPS. Dentro do JIT existem conceitos fundamentais como o fluxo contínuo de produção, o *takt time*, ou o tempo do cliente, e o sistema puxado de produção. Já o *Jidoka* contém as ações de parar, identificar anormalidades e separar o que é trabalho humano, do que é do maquinário. Por fim, na base do *Lean* há o *Heijunka*, que é o nivelamento da produção, o trabalho padronizado e o *Kaizen*, isto é, a melhoria contínua . A definição do valor é feita com base no cliente, o fluxo de produção somente se inicia no momento do pedido e, por fim, a perfeição do sistema que deve ser atingida através do *Kaizen* .

O *Lean Service* é um sistema de operações para serviços que podem ser padronizados para gerar valor para o cliente, atendendo a qualidade e o preço esperados . O objetivo final é reduzir desperdícios e tempos desnecessários para o atendimento da demanda. A aplicação do *Lean Service* segue os mesmos princípios do *Lean*, apenas com adaptações para empresas que prestam serviços. Portanto, as práticas realizadas para produção enxuta são necessárias nas operações. As ferramentas utilizadas têm a mesma base do TPS e do *Lean Manufacturing* .

## 2.2. Ferramentas do Lean

### DMAICS

O DMAICS é um método estatístico, que funciona como um ciclo para realizar e organizar projetos. É formado pelas seguintes etapas: *define* – definir, *measure* – medir, *analyze* – analisar, *improve* – melhorar, *control* – controlar e *standardize* – padronizar . Na primeira etapa do DMAICS são definidas as prioridades. É feita a preparação para a aplicação de diversas ferramentas no processo a ser analisado, dentre elas: *brainstorm*, diagrama de Ishikawa, gráfico de Pareto e histograma. Na etapa seguinte é feita a medição do processo e estabelecido quais são os indicadores de desempenho que indicam as prioridades de atuação, assim como os principais pontos de melhoria. Na terceira fase do método os dados são

analisados e se tornam informações. Nesse momento podem ser usados fluxogramas, mapas de processo, Análise de Modos de Falhas e Efeitos (*Failure Modes and Effects Analysis* – FMEA, em inglês), histogramas, dentre outros .

Na quarta fase, a de implementação, são realizadas as mudanças necessárias ao processo. Na quinta etapa é realizado o controle do processo através de gráficos de Pareto, histogramas, *poka-yokes*, cartas de controle e documentos internos . Na fase de padronização há o monitoramento dos resultados obtidos, com o intuito de garantir que todas as mudanças passem a fazer parte do processo em definitivo, e não apenas no período de realização do mesmo .

### **Diagrama de Ishikawa**

O Diagrama de Ishikawa tem por objetivo demonstrar como diferentes fatores de processo estão inter-relacionados . O surgimento do termo “fator de processo” se dá em 1943, na Universidade de Tóquio por Kaoru Ishikawa demonstrando esta inter-relação de fatores para engenheiros da *Kawasaki Steel Works* .

O diagrama é formado por fatores dispostos sob a forma de uma espinha de peixe. Estes fatores são agrupados a conjuntos de causas que, por sua vez, são relacionadas à manufatura .

O diagrama é uma ferramenta particularmente efetiva em ajudar a pesquisar as raízes de problemas. Isto é feito por meio do levantamento das questões: o que, onde, como e por que, e então são acrescentadas “respostas” possíveis de uma forma explícita. O diagrama também pode ser utilizado na identificação de áreas onde são necessários mais dados .

As principais causas utilizadas na formulação do diagrama podem ser agrupadas em Mão de Obra, Meio Ambiente, Medição, Máquinas, Método e Matéria Prima . Os fatores podem ser definidos da seguinte forma :

- Matéria Prima – “Relativa aos insumos de natureza material para transformação durante o processo.”
- Máquinas – “Refere-se a todos os equipamentos utilizados nos processos de transformação e os aspectos relativos a estes.”
- Medidas e Controle – “Aqui o termo trata dos itens de controle e de verificação do processo e do produto.”
- Meio ambiente/Instalações – “Engloba a parte física de onde o processo acontece, inclusive seus aspectos de interação com outras instalações e com o meio externo.”
- Mão de Obra/Força de Trabalho/Recursos Humanos – “Relativo aos recursos humanos que integram o processo e todos os demais aspectos que influenciam sua adequação e desempenho, como por exemplo, capacidade de assimilação e aplicação do conhecimento, habilidade no planejamento e execução da tarefa e todas as expressões da atitude ao contexto corporativo.”



- Método – “São os procedimentos, normas e padrões que delimitam como o processo é executado.”

O seguinte procedimento deve ser seguido para o desenho de um Diagrama causa-e-efeito :

1. Coloque o problema na caixa de “efeito”
2. Identifique as principais categorias para causas possíveis do problema.
3. Use a busca sistemática de fatos e discussão em grupos para gerar possíveis causas sob essas categorias. Qualquer coisa que possa resultar em um efeito que está sendo considerado deveria ser listada como causa potencial
4. Registre todas as causas potenciais no diagrama sob cada categoria, e discuta cada item para combinar e esclarecer as causas.

## **G.U.T.**

A ferramenta G.U.T. – Gravidade, Urgência e Tendência está inserida na metodologia de gestão da qualidade, que permite a alocação adequada dos esforços nos itens considerados mais críticos para o objetivo do projeto, além disso, é considerada de simples implementação e sua aplicação é válida para diferentes assuntos .

Há três questionamentos necessários ao se identificar e analisar os problemas a serem tratados :

- Qual a urgência do desvio?
- Qual a severidade do desvio?
- Qual a tendência do desvio e o seu potencial de crescimento?

Mantendo os três questionamentos mostrados anteriormente, tem-se :

- Gravidade: intensidade ou profundidade dos danos que o problema pode causar caso nada seja feito para a solução;
- Urgência: pressão do tempo para resolver a situação observada;
- Tendência: padrão ou tendência da evolução do problema.

Cada um dos critérios possui classificações em cinco níveis de escala, enumerados de um a cinco, recebendo suas respectivas notas atribuídas para as respectivas escalas de intensidade .

Gravidade:

- 1 – Sem gravidade (Dano mínimo);
- 2 – Pouco grave (Dano leve);
- 3 – Grave (Dano regular);

- 4 – Muito grave (Grande dano);
- 5 – Extremamente grave (Dano gravíssimo).

Urgência:

- 1 – Prazo longo (dois ou mais meses) – Não há pressa;
- 2 – Prazo médio-longo (um mês) – Pode aguardar;
- 3 – Prazo médio (uma quinzena) – O mais cedo possível;
- 4 – Curto prazo (uma semana) – Com alguma urgência;
- 5 – Imediatamente (está ocorrendo) – Ação imediata.

Tendência:

- 1 – Não desaparece ou não vai piorar, podendo até melhorar;
- 2 – Reduz-se ligeiramente ou vai piorar em longo prazo;
- 3 – Permanece ou vai piorar em médio prazo;
- 4 – Aumenta ou vai piorar em pouco tempo;
- 5 – Piora muito ou vai piorar rapidamente.

O último passo para a execução do método é realizar o produto entre os fatores (Gravidade, Urgência e Tendência), nos quais, suas descrições poderão ser adaptadas para a realidade de cada projeto.

### **Brainstorming**

O *Brainstorming* é uma das principais ferramentas da qualidade utilizadas na etapa de cocriação e/ou levantamento de ideias, desenvolvido por Gerald Osborn em 1957 .

Sua principal característica é fomentar a geração de uma grande quantidade de ideias de maneira rápida e brusca, sem se preocupar em sua fase inicial com a qualidade das ideias levantadas. O ponto forte ao utilizar esta ferramenta é a potencialização da criatividade da equipe e do pensamento ágil ao propor ideias de forma sistemática direcionadas para o caminho sustentável. Osborn também desenvolveu quatro regras importantes para o *Brainstorming*, com a finalidade de melhorar a produtividade e a criatividade das equipes .

- 1ª Regra: A crítica está descartada, ou seja, ninguém deve criticar ninguém. Julgamentos devem ser retidos, devendo-se expressar todas as ideias que vêm à mente .
- 2ª Regra: A roda livre é bem vinda. Isso significa que quanto mais a ideia for criativa melhor ela é. Não se deve ter medo em dizer o que vem na mente. Isso estimularia melhores ideias [5, 7, 12].

- 3ª Regra: A quantidade é mais importante do que a qualidade [5, 7, 12, 18]. É importante estimular a geração de um grande quantitativo de ideias, maior é a chance de ideias de sucesso .
- 4ª Regra: A melhoria e a combinação de ideias precisam ser buscadas [5, 7, 12, 18]. Tentar sugerir a combinação de ideias com ideias de outras pessoas podem gerar novas ideias .

Para a elaboração do *Brainstorming*, é necessário cumprir as seguintes etapas [13, 25, 29]:

- Passo 1: Selecione os participantes com base na natureza do problema a ser resolvido.
- Passo 2: Defina claramente o problema a ser debatido e esclarecido aos participantes.
- Passo 3: As sessões devem durar entre 30 e 45 minutos e devem ter um mediador para conduzir o processo.
- Passo 4: Realize rodadas consecutivas até que nenhum participante tenha algo a mais para acrescentar. Incentive os participantes a darem o maior número possível de contribuições.
- Passo 5: Para registro das ideias, utilize um gravador ou *flip-chart*.
- Passo 6: As ideias semelhantes podem ser agrupadas, assim como aquelas sem importância ou impossíveis de se realizar devem ser descartadas.
- Passo 7: Selecione as ideias com base em critérios para atender aos objetivos do problema.

## FMEA x FMECA

FMEA é uma sigla originária do inglês que significa *Failure Mode and Effects Analysis*, ou Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos, em português. O FMEA é um método qualitativo que estuda os possíveis modos de falha dos componentes, sistemas, projetos e processos e os respectivos efeitos gerados por esses modos de falha . É muito comum que o FMEA seja confundido com o FMECA, que tem a origem da expressão em inglês *Failure Modes, Effects and Criticality Analysis*, que é traduzido como Análise dos Modos de Falha, Efeitos e Criticalidade. A grande diferença entre as duas análises é que o FMEA é uma análise qualitativa, e o FMECA torna quantitativa a análise feita no FMEA.

A diferença entre FMEA e FMECA se dá desta forma :

$$\text{FMECA} = \text{FMEA} + \text{C}$$

Onde,

$$\text{C} = \text{Criticalidade} = \text{Ocorrência} \times \text{Severidade}$$

A variável Ocorrência representa a probabilidade da falha ou defeito acontecer e a Severidade serve para quantificar os impactos que a falha pode causar a gravidade do seu impacto.

No FMECA devemos calcular o Número de Prioridade de Risco (NPR), que tem uma expressão bem parecida com a da criticidade, apenas multiplicando pelo fator detecção, que mostra a eficiência dos controles de detecção da falha .

$$\text{NPR} = \text{Ocorrência} \times \text{Severidade} \times \text{Detecção}$$

A depender da probabilidade de ocorrência, um valor é atribuído para essa variável. A probabilidade de ocorrência é classificada em remota, baixa, moderada, alta ou muito alta, sendo essas classificações relacionadas com a chance de ocorrência .

- Para uma probabilidade de ocorrência remota, temos uma chance de ocorrência igual a zero, com o valor igual a 1;
- Para uma probabilidade de ocorrência baixa, as chances de ocorrência podem ser de 1/20.000 (valor = 2) ou 1/10.000 (valor = 3);
- Para uma probabilidade de ocorrência moderada, as chances de ocorrência podem ser 1/2.000 (valor = 4), 1/1.000 (valor = 5) ou 1/200 (valor = 6);
- Para uma probabilidade de ocorrência alta, temos chances de 1/100 (valor = 7) ou 1/20 (valor = 8);
- Para uma probabilidade de ocorrência muito alta, temos como chance de ocorrência 1/10 (valor = 9) ou 1/2(valor = 10).

Também existe um valor associado a cada severidade .

- Quando o cliente provavelmente não tomará conhecimento da falha, atribui-se o valor 1;
- Quando o cliente terá um leve aborrecimento, valor entre 2 ou 3;
- Insatisfação do cliente, de 4 a 6;
- Alto grau de insatisfação, 7 ou 8;
- Quando a falha atinge normas de segurança, 9 ou 10.

Para completar a fórmula, define-se o valor de acordo com a probabilidade de não detectar a falha :

- Para uma probabilidade remota de não detectar a falha e uma chance do defeito alcançar o cliente de 0% - 5%, valor igual a 1;
- Probabilidade de não detectar a falha baixa, chance de o defeito chegar ao cliente entre 6% - 15%, valor 2, chance entre 16% - 25%, valor 3;
- Probabilidade moderada, chance de não detectar entre 26% e 35%, valor 4, chance entre 36% - 45%, valor 5, chance entre 46% - 55%, valor 6;

- Probabilidade alta, chance entre 56% - 65%, valor 7 e chance entre 66% e 75% valor 8;
- Probabilidade muito alta, chance entre 76% - 58%, valor 9 e chance entre 86% - 100%, valor 10.

### **Gráfico de Pareto**

Vilfredo Pareto (1843 – 1923) foi um sociólogo e economista italiano que, em 1897, desenvolveu o princípio de Pareto. Motivado pela desigualdade social em Milão, Pareto provou que aproximadamente 80% da riqueza de Milão estava concentrada nas mãos de 20% da população. Foi visto que essa teoria também é aplicável a várias outras atividades, como por exemplo, na gestão da qualidade, onde foi constatado que 20% das causas eram responsáveis por 80% dos problemas .

O Gráfico de Pareto é um gráfico de barras verticais que são ordenadas em ordem decrescente, representando a frequência da ocorrência de uma determinada característica. O objetivo desse gráfico é a priorização dos problemas, visto que ele torna fácil a visualização de informações do que mais afeta o que está sendo estudado. Nesse mesmo gráfico, sobre as barras, uma curva que mostra as porcentagens acumuladas de cada barra é traçada, facilitando na identificação do princípio de Pareto .

## **3. Estudo de Caso**

Anualmente, diversos Grupos de Melhoria Contínua (GMCs) são criados pela alta gerência da empresa X, e os já existentes são revisados, com a missão de implementar ações que melhorem os processos que ocorrem na empresa. Isso faz parte de sua estratégia interna, uma vez que esses grupos têm metas alinhadas aos objetivos corporativos da mesma.

Para isso, primeiramente, foi definida uma equipe multidisciplinar de melhoria contínua responsável pelo desenvolvimento do projeto, em março de 2018. Essa equipe tinha a incumbência de realizar, no mínimo, uma reunião semanal, com 1 hora de duração, ao longo de todo o ano. Foi utilizada o DMAICS como base de apoio para a formulação das fases do projeto *kaizen* e aplicabilidade das ferramentas de gestão.

A primeira tarefa da equipe foi delimitar a área de atuação. Para isso, definiu-se que seriam todos os riscos potenciais que envolvem a produção e a qualidade dos serviços realizados nas fábricas de inspeção, reparo e acessórios. A primeira ação do GMC foi, portanto, realizar o levantamento de todos os riscos, já que estes podem gerar não conformidades nos processos produtivos ou, no pior dos casos, no produto que é entregue ao cliente final. Foram definidos 344 possíveis riscos.

Através da ferramenta de gestão da qualidade FMEA, foram feitos o agrupamento e a classificação destes potenciais riscos. Para isso, adotaram-se os critérios estabelecidos a partir do Número de Priorização de Riscos (NPR). Deste modo, foi realizado o somatório geral e o ranqueamento dos riscos identificados nas fábricas.

Por uma questão interna de padronização, a empresa X utilizou uma escala diferente para ponderar severidade, detecção e ocorrência. Como os fatores são multiplicados, foi feita uma escala na qual os riscos com NPR menor ou igual a 30 eram considerados baixos; entre 31 e 90 moderados; e, acima disso, altos. Após atribuir os valores para todos os possíveis riscos existentes na planta, decidiu-se que o escopo de atuação eram os moderados e altos por, claramente, representarem uma maior chance de danos na empresa. Também foi estabelecida a meta do grupo: reduzir 20% dos riscos acima do limite tolerável pela empresa, que eram os de NPR maiores que 30. Isso representava uma redução de 540 em relação à base inicial.

Para iniciar a análise das causas foi montado um Gráfico de Pareto com a quantidade absoluta de riscos em cada categoria citada anteriormente: altos, moderados e baixos. Como não havia riscos na maior escala de NPR, os médios foram desmembrados, novamente, de acordo com a quantidade que havia em cada nota. Ou seja, a quantidade que tinha NPR igual a 36, 48, 54 e assim por diante. Por fim, foi feita a terceira e última cascata de Pareto, com a quantidade de riscos com o maior NPR encontrado, que era igual a 72.

O primeiro critério de priorização desses riscos era estabelecido por regras internas da empresa e foi a maior severidade encontrada. Como, ainda assim, havia empate, foi utilizado o G.U.T. para definir a atuação inicial do grupo. Para cada critério poderia ser dado o peso de 1, 3 ou 5. Aquele de maior nota obtida na ferramenta seria analisado primeiro.

Em suma: o risco de maior NPR seria analisado primeiro e, caso houvesse empate, o de maior severidade teria prioridade. Caso ainda não fosse possível começar a análise, deveria ser utilizada a ferramenta G.U.T. e assim por diante.

Com o risco a ser analisado na reunião definido, era feito um *brainstorming*, a fim de levantar as possíveis causas do mesmo. Logo após era feito um filtro e, aqueles que demonstrassem maiores indícios de realmente acontecerem eram colocados no Diagrama de Ishikawa para ver qual ou quais categoria(s) de causa(s) era(m) mais significativo(s). Por fim, com esse novo filtro, era utilizado, novamente o G.U.T., com o mesmo critério de notas utilizado anteriormente. Com isso, eram obtidas as principais causas para o potencial risco. Essas causas eram inseridas no Plano de Ação do grupo, onde havia um membro responsável pela mesma e prazo final. Esse processo foi repetido, semanalmente, pelo grupo durante os 10 meses em que a equipe esteve reunida.

Além disso, como forma de manter a padronização na empresa X, 3 meses após a implementação das ações era feita uma análise de eficácia das ações nas fábricas. Para tal, dois membros do grupo deveriam ir até o posto de trabalho onde a mudança foi realizada e observar como o trabalho estava sendo feito.

Em seguida, perguntas eram feitas aos operadores envolvidos na atividade. Por fim, um formulário era preenchido e assinado pelos membros do grupo e pelo operador para fins de validação da conferência.

Abaixo, é possível ver a sequência das atividades realizadas ao longo dos 10 meses de atuação do grupo. As cinco primeiras ações foram de padronização e estruturação do grupo, assim como sua metodologia de trabalho, e, por isso, ocorreram apenas uma vez. As últimas, conforme explicado anteriormente, se repetiram com frequência.

1. Definição do grupo;
2. Delimitação da área de atuação;
3. Levantamento dos riscos e elaboração da base de dados;
4. Classificação dos riscos;
5. Definição do tema;
6. Utilização das ferramentas da qualidade para priorização e análise dos riscos;
7. Atualização do plano de ação;
8. Implementação das ações propostas;
9. Padronização das melhorias estabelecidas.

## **4. Resultados e Discussões**

Conforme citado anteriormente no tópico de “Método de Trabalho”, as ferramentas da qualidade: Gráfico de Pareto, Diagrama de Ishikawa, GUT e *Brainstorming* foram utilizadas para analisar e tratar cada um dos riscos levantados. Após a análise dos riscos, foi realizada a implementação das ações, gerando, assim, os resultados descritos a seguir.

Durante o período de atuação do grupo foi possível atuar na redução do NPR de 19 riscos. Dentre eles, 18 eram moderados e 1 baixo. Desses dezoito, 16 passaram a ser classificados como baixos e, apenas 2 permaneceram moderados, mesmo após a redução do seu valor. O objetivo era reduzir 540 NPR da base de dados e foi possível diminuir em 627, o que demonstra o cumprimento da meta.

Para cada risco analisado foram propostas e feitas diversas ações. A cargo de sintetização, serão destacadas apenas algumas das principais realizadas. Primeiramente, é possível destacar uma grande melhoria no rastreamento dos produtos, principalmente dentro da planta. Para isso, a marcação definitiva dos tubos passou a ser feita em um equipamento no começo da linha, e não mais perto da saída do produto da empresa. Anteriormente, era feita uma marcação provisória na entrada na linha, porém, por vezes essa informação era apagada ou borrada.

Dessa forma, passou a ser possível ter informações permanentes de rastreamento durante todo o processo.

Outro equipamento que passou a ser utilizado nas linhas da empresa X foi o de marcação com leitor digital no momento de liberação do tubo. Seu funcionamento se dá pela leitura e armazenamento do conteúdo presente em uma etiqueta com *QR-Code* que, por sua vez, é colada no recebimento do tubo na empresa contendo diversas informações da peça. Após a leitura, o equipamento faz uma marcação com jato de tinta das informações requeridas pelo cliente final. Dessa forma, passou a ser possível garantir que todas as especificações da peça sejam marcadas de maneira assertiva.

Além disso, *tablets* com rede de *internet* sem fio passaram a ser utilizados nas fábricas para que as informações pudessem ser lançadas no sistema interno. Assim, as informações passaram a ser consultadas pelos funcionários em tempo real, em qualquer parte da empresa.

Abaixo é possível ver o indicador do grupo. Ele mostra a meta e a redução mensal no período de atuação do grupo. Por questões de segurança da informação da empresa X, todos os valores foram multiplicados pelo mesmo fator.

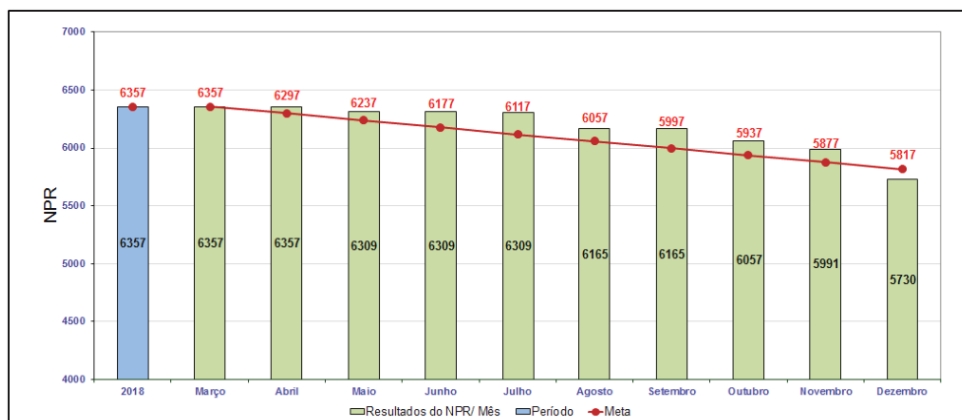


Figura 01 – Indicador do Grupo

Fonte: os autores (2019)



Poucos meses após o tempo de ação do grupo, houve uma auditoria interna, feita por funcionários da sede da empresa no Brasil, especializados em analisar grupos de melhoria contínua. Nessa averiguação, são levados em consideração informações relevantes, como: ferramentas utilizadas, presença dos membros nas reuniões, ações implementadas, padronização das atividades na área produtiva, análise do indicador e atingimento da meta. Semanas depois da visita dos auditores à empresa X, foi divulgado o resultado desse GMC e ele foi premiado com o nível “ouro”, que é o máximo alcançável. Isso demonstra a relevância das melhorias executadas e o engajamento dos membros para o sucesso do projeto.

## 5. Conclusão

Com a utilização da abordagem DMAICS e aplicação das ferramentas de gestão da qualidade, foi possível detectar os riscos de potenciais não conformidades associadas aos processos de inspeção e reparo das fábricas de tubos, do setor de óleo e gás, e propor ações preventivas para as mesmas.

Foram de suma importância o monitoramento e as avaliações rotineiras através de programas de auditorias internas, oferecendo suporte, a fim de detectar possíveis não conformidades nos processos e nos produtos.

Em uma perspectiva de gerenciamento *Lean*, a empresa X conseguiu atingir a sua meta de redução em 20% dos NPR's moderados e altos durante 10 meses de atuação.

A qualidade dos produtos e serviços tornou-se um pilar sustentável e sua responsabilidade é garantir que nenhum produto chegue ao seu destino final, o cliente, com algum tipo de defeito, anomalia ou atraso.

# Referências

- BEN-DAYA, M.; RAOUF, A. A revised failure mode and effect analysis model. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 13, n. 1, p. 43-47, 1996.
- BITTENCOURT, W.; ALVES, A. C.; AREZES, P. Revisão Bibliográfica sobre a sinergia entre Lean Production e Ergonomia. Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Produção e Sistemas, Portugal, 2011.
- BUCHELE, G. T.; TEZA, P. Métodos, Técnicas e Ferramentas para Inovação: O uso Brainstorming no processo de design contribuindo para a inovação. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/pensamentorealidade/article/view/28373>> Acessado em: 07 de Fev. 2019.
- COELHO, L. M. F. Análise do Processo de Implementação da abordagem Lean Manufacturing em uma linha de produção: estudo de caso numa empresa de serviços no setor de Petróleo e Gás. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Macaé, RJ, 2018.
- COSKUN, H; YILMAZ, O. A new dynamical model of brainstorming: Linear, non-linear, continuous (simultaneous) and impulsive (sequential) cases. *Journal of Mathematical Psychology*, v. 53, p. 253-264, 2009.
- COSTA, V. L.; MENDES, F. B. Utilização do Lean Six Sigma para redução do índice de defeitos na usinagem de conexões em uma empresa de serviços de manutenção tubular. *Lean na Prática*, p. 250-267, Rockville, Maryland, Estados Unidos, 2018.
- DUGOSH, K. L.; PAULUS, P. B.; ROLAND, E. J.; YANG, H.C. Cognitive Stimulation in Brainstorming. *Journal of Personality and Social Psychology*, v. 79, n. 5, p. 722- 735, 2000.
- FORTES, C. S. Aplicabilidade de Lean Service na melhoria de serviços de Tecnologia da Informação (TI). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRS, 2010.
- GHINATO, P. Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente Just-In-Time. Caxias do Sul: Ed. Universidade de Caxias do Sul, 1996.
- GODOY, L. P.; STEFANO N. M. O impacto do Lean Manufacturing como fator de melhoria no desempenho produtivo. *Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas (GEPROS) 2ª Edição, Volume 13*, 2016. Disponível em: <<https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/viewFile/1844/838>> Acessado em: 18 Fev. 2019.
- GWIAZDA, A. Quality Tools in a Process of Technical Project Management. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Vol. 18, núm. 1-2, set.-out., 2006.
- HESLIN, P. A. Better than brainstorming? Potential contextual boundary conditions to brainwriting for idea generation in organizations. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, v. 82, n. 1, p. 129-145, 2009.

- ISAKSEN, S. G. A Review of Brainstorming Research: Six Critical Issues for Inquiry. Creativity Research Unit. Buffalo, New York, 1998.
- ISHIKAWA, Kaoru. Guide to quality control: industrial engineering and technology. Tokyo, Japan: Asian Productivity Organization, 1976.
- KEPNER, C. H.; TREGOE, B. B. The rational manager: a systematic approach to problem solving and decision making. McGraw-Hill Book Company, 1984.
- LIMA, B. C.; BALIVO, J. V.; SILVEIRA, J. K.; SPADIM, M. G. Sistemas da Qualidade na busca de vantagem competitiva: estudo de caso na Indústria Zanzini Móveis. Dissertação de Mestrado em Administração – FGP. Pederneiras, SP, 2014.
- MARTINELLI, F. B. Gestão da Qualidade Total. E-book, IESDE, 2009.
- MCGLYNN, R. P.; MCGURK, D.; EFFLAND, V. S.; JOHLL, N. L.; HARDING, D. J. Brainstorming and task performance in groups constrained by evidence. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, v. 93, p. 75–87, 2004.
- MELO, A.; ABELHEIRA, R. Design Thinking & Thinking Design: Metodologias, ferramentas e reflexões sobre o tema. Editora Novatec LTDA, 1ª Edição 2015 São Paulo. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=vCyLCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=ferramenta+brainstorming&ots=nTPTUMFwMr&sig=IUTAz5Gb-X730KH5q8A91FbQJEG#v=onepage&q=ferramenta%20brainstorming&f=false>> Acesso: 07 de Fev. 2019.
- MENDES, F. B. Apresentação de um modelo de gestão de operações para empresas de serviços em cenários de crise: um estudo de caso na indústria do petróleo. Dissertação de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense, Rio das Ostras, RJ, 2018.
- MOHR, R. R. Failure Modes and Effects Analysis, 8th Edition. Sverdrup, 1994. Disponível em < <http://docplayer.net/42458045-Failure-modes-and-effects-analysis-sverdrup-r-r-mohr-january-th-edition.html> > Acesso em 12 de Fev. 2019
- NASCIMENTO, A. L.; FRANCISCHINI, P. G. Caracterização de Sistema de Operações de Serviço Enxuto. PIC-EPUSP. N. 02, 2004.
- NETLAND, H. T.; ASPELUND, A. Company-specific production systems and competitive advantage. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 33, n. 11/12, p. 1511-153, 2013.
- OHNO, T. Sistema Toyota de Produção: além da produção em alta escala. Ed. Bookman, 1997.
- PACHECO, D. A. J. Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração. *Production*, vol. 24, núm. 4, p. 940-956, 2014.
- PAULUS, P. B.; BROWN, V. R. Toward more creative and innovative group idea generation: a cognitive-social-motivational perspective of brainstorming. *Social and Personality Psychology Compass*, v. 1, n. 1, p. 248-265, 2007
- PRATA, H. E., GIROLETTI, D. A. Kaizen: uma metodologia inovadora na Siderurgia. *Revista Ibero-Americana de Estratégia*, vol. 16, núm. 1, jan.-mar., p. 91-98. Universidade Nove de Julho. São Paulo, SP, 2017.

- SAKURADA, E. Y. As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos. Dissertação (Mestrado) – UFSC. Florianópolis, 2001.
- SATOLO, E. G.; LEITE, C.; CALADO, R. D.; GOES, G. A.; SALGADO, D. A. Ranking lean tools for world class reach through grey relational analysis. Emerald Insight, Grey Systems: Theory and Application, v. 8, n. 4, p. 399-423, 2018.
- SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (Sebrae). Manual de Ferramentas da Qualidade. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/Busca?q=ferramentas%20da%20qualidade>> Acessado em: 04 de Fev. 2019.
- SOTILLE, M. A. (2014). Ferramenta GUT – Gravidade, Urgência e Tendência. Disponível em: <[www.pmttech.com.br](http://www.pmttech.com.br)> Acessado em 02 de Fev de 2018.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. São Paulo, Atlas, 2009.
- TAMMELA, I.; MENDES, F. B. Modelos de gestão operações aplicáveis em empresas de serviços sujeitas a cenários de oscilação de demanda em seus mercados. VI SINGEP - Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, São Paulo, SP, 2017.
- TRIVELLATO, A. A. Aplicação das Sete Ferramentas Básicas da Qualidade no Ciclo PDCA para melhoria contínua: estudo de caso numa empresa de autopeças. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso – USP, São Carlos, 2010.
- WERKEMA, M. C. Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, 1995.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; & ROSS, D. A máquina que mudou o mundo. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

# Redução do Downtime Através do Aumento do Tempo de Agregação de Valor do Processo de Usinagem em uma Empresa de Serviços no Setor de Óleo e Gás

---

*Camilla Oliveira<sup>13</sup>, Izabelle Oliveira<sup>14</sup>, Livia Coelho<sup>15</sup> e Fredjoger Mendes<sup>16</sup>*

Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brasil

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Macaé, Rio de Janeiro, Brasil

## 1. Introdução

Em meio a um cenário de oscilação de demanda no mercado de serviços *Business-to-Business* da cadeia de exploração e produção de petróleo a empresa “V”, objeto deste estudo de caso, buscava formas de se manter competitiva através do desenvolvimento sustentável de suas atividades e manutenção de seu mercado. Assim, uma abordagem utilizada pela empresa é a formação de grupos de melhoria contínua, que através de um método estruturado, busca intervir em processos que compõe a operação da empresa com o objetivo de melhorar seu desempenho em termos de eficiência, qualidade e sustentabilidade. Um destes grupos com atuação em uma das áreas produtivas da empresa “V” será o tema deste estudo de caso.

Para corroborar com a contextualização do artigo, faz-se necessário abordar a configuração das linhas de produção da empresa “V” que são compostas por

---

13 camillavale@id.uff.br

14 izabelle.vale@hotmail.com

15 liviafragoass@gmail.com

16 fredjoger@gmail.com

quatro tornos que funcionam através de Comando Numérico Computadorizado (CNC), responsáveis por usinar tubos de aço e acessórios tubulares, atividade que compõe o portfólio de serviços oferecidos pela empresa. Neste contexto, os tornos CNC são considerados os equipamentos que mais agregam valor nas linhas de produção, em função da complexidade do tipo de usinagem, que requer equipamentos com alto custo de operação e também exige a alocação de técnicos especializados com alto valor de hora/homem.

Assim, em levantamento quantitativo preliminar das paradas dos tornos, tendo como fonte o *software* de controle da produção, verificou-se que o processo de usinagem era interrompido em 36% do seu tempo disponível de trabalho, o que significa, por exemplo, que em um turno de oito horas disponíveis para produção, aproximadamente três horas seriam desperdiçadas com interrupções. Diante desta realidade, foi evidenciada a necessidade do desenvolvimento de um Grupo de Melhoria Contínua – GMC, direcionado para a redução de *downtime*, que é o termo globalmente utilizado para indicar o tempo de interrupção de um equipamento. Visto que a redução das interrupções foi uma das diretrizes estratégicas que a empresa “V” havia priorizado como forma de aumentar sua resiliência organizacional e mercadológica num período de oscilação da demanda por produtos e serviços que compõe seu portfólio.

Por se tratar de uma linha produtiva os processos são sequenciais, ou seja, as atividades que fornecem suporte para a usinagem impactam diretamente no desempenho operacional dos tornos e serão tratadas no decorrer do artigo. Para identificar e analisar as causas das interrupções, foram utilizadas ferramentas como: *Brainstorming* para levantamento de problemas, Gráfico de Pareto e GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) para priorização de problemas e árvore de falhas e 5 Porquês para análise de causas raízes.

Deste modo, o objetivo do artigo é explorar como a empresa através da abordagem do *Lean Six Sigma*, concentrou esforços para reduzir *downtime* e consequentemente aumentar o tempo de agregação de valor dos tornos, o que significa reduzir as interrupções e maximizar a eficiência e responsividade do processo de usinagem de conexões em tubos de aço. Além disso, no decorrer do artigo serão apresentados comparativos dos resultados antes e depois das implementações das melhorias, descrições das ações de maior impacto no resultado geral e o indicador que norteou as análises e reflete a eficácia das ações desenvolvidas pelo grupo de melhoria contínua.

## 2. Referencial Teórico

### **Lean Manufacturing**

O Sistema Toyota de Produção surgiu no cenário pós-segunda guerra mundial, onde a Toyota -indústria automobilística japonesa - optou por um sistema produtivo pautado na redução dos desperdícios. Diferentemente da lógica

americana que buscava o aumento da eficiência produzindo em massa o menor número de modelos possíveis, este novo modelo de produção utilizou como estratégia a produção puxada, e passou a fabricar modelos diferentes e em pequenas quantidades. Desta forma, o STP é conhecido por ser um sistema que visa a eliminação total das perdas de processo, e para seu desenvolvimento é necessário eliminar os desperdícios e, sobretudo, realizar melhorias contínuas no sistema de produção [1, 2].

Esta abordagem diferenciada no gerenciamento de operações da Toyota propiciou o desenvolvimento de novas ferramentas capazes de promover melhorias no decorrer do processo produtivo. O *Lean Manufacturing* tornou-se uma metodologia confiável para a redução dos custos de produção através do estabelecimento de uma nova mentalidade na organização, e pode ser exemplificado com uma abordagem mais prática, uma vez que a filosofia representa: “fazer mais com menos”: menos tempo, espaço, esforço humano, máquinas, material – e, ao mesmo tempo, fornecer ao cliente o que ele necessita. Ou seja, “a aplicação das ferramentas e métodos *Lean* passam a ser o meio de se atingir os objetivos, focados na melhoria contínua, com eliminação de desperdícios e valorização do cliente” [3, 4, 5, 6].

### **Six Sigma**

A metodologia *Six Sigma* foi desenvolvida pela Motorola na década de 80 com o objetivo de combater seus concorrentes, que fabricavam produtos de qualidade superior a baixo custo. A empresa alterou a cultura organizacional desenvolvendo o padrão Defeitos por Milhões de Oportunidades (DPMO), o que proporcionou melhorias eficazes por um longo período. Assim, para a correta implementação do *Six Sigma*, é necessário amplo conhecimento das ferramentas da qualidade e dos métodos estatísticos para a execução da metodologia, além da compreensão das prioridades do negócio para seleção de projetos e para a implantação das mudanças [7, 19].

O *Six Sigma* baseia-se em melhorias contínuas e quantificáveis e possui a meta de reduzir a variabilidade ao mais próximo de zero defeito possível. Seu propósito principal é o aumento expressivo dos lucros e da performance da empresa, e faz isso a partir da otimização de processos, melhorias na qualidade de produtos, eliminação de defeitos, falhas e erros, conseqüentemente, aumentando a satisfação dos clientes .

Para execução bem-sucedida do *Six Sigma* é fundamental que a alta administração esteja comprometida e disposta a alocar recursos com a finalidade de adaptar a estrutura organizacional. Sendo necessário que a empresa crie formas para incentivar o envolvimento dos colaboradores, porque com o compromisso, engajamento e apoio da liderança a iniciativa ficará fortalecida .

### **Lean Six Sigma**

Denomina-se por *Lean Six Sigma* a fusão do *Lean Manufacturing* com o *Six*

*Sigma*, logo, *Lean Six Sigma* é uma estratégia mais abrangente e extremamente eficaz, que integra ferramentas de ambas as abordagens servindo como complemento uma para a outra. O pensamento *Lean* está diretamente focado no aumento da eficiência e velocidade dos processos, enquanto, o *Six Sigma* busca alcançar precisão. Desta forma, o pensamento *Lean* complementa o *Six Sigma* no sentido que um garante que os recursos estejam sendo processados pelas atividades corretas e o outro garante a execução exata das atividades na primeira vez [7, 16].

Destarte, o *Lean Six Sigma* oferece grandes oportunidades de melhoria que podem ser quantificadas envolvendo custos de operação, qualidade de produto, qualidade de processo e *lead time*, uma vez que, têm foco nas atividades críticas, além de conter a causa de atrasos no atendimento às demandas do cliente. Além disso, os períodos de crise são vistos como boas oportunidades para aplicação de abordagens como *Lean Six Sigma*, uma vez que, com a baixa demanda, torna-se viável direcionar tempo e esforços em projetos de otimização da produção, sem comprometer a qualidade do produto e segurança dos colaboradores [8, 17].

### **Definição de Valor**

A definição de valor está vinculada ao sistema, ao processo ou ao produto, sendo dividida em atividades “que agregam e as que não agregam valor”. O autor menciona que os exemplos de operações que não agregam valor são: caminhar para obter algum recurso, retrabalhos, reparos e má manutenção. O que são considerados, na lógica do Sistema Toyota de Produção, como desperdícios ou perdas. Por sua vez, atividades de processamento, como usinagem, tratamento térmico, pintura e montagem são consideradas operações que agregam valor, portanto, é possível concluir que operações desse tipo transformam a matéria-prima, modificando a forma e a qualidade .

Assim, faz-se necessário dividir o movimento dos trabalhadores em desperdício e trabalho, sendo esse subdividido em dois outros tipos: trabalho necessário e trabalho efetivo. O desperdício é definido como “o movimento repetido e desnecessário que deve ser imediatamente eliminado”, o trabalho efetivo é sinônimo de processamento, ou seja, “as matérias-primas ou peças são transformadas em produtos para gerar valor adicionado” e o trabalho necessário oferece suporte para o trabalho efetivo, isto é, precisa ser realizado e para eliminá-lo é necessário que as condições iniciais da operação sejam parcialmente ou totalmente alteradas .

Conclui-se, pois, que o desperdício não gera valor ao produto e precisa ser eliminado do sistema. O trabalho necessário também não gera valor direto ao produto, entretanto, fornece suporte ao trabalho efetivo, razão pela qual é necessário a minimização desse tipo de trabalho. Por fim, o trabalho efetivo é o único que adiciona valor diretamente ao produto, logo sua maximização é o estado ideal do sistema. Logo, é necessário observar as operações para detectar as atividades que agregam e não agregam valor ao processo, para localizar e eliminar as perdas do processo, sendo esse exercício primordial para a competitividade da empresa [9, 10].



## **Processos**

No atual cenário econômico, com a crescente globalização e acirrada concorrência, as empresas percebem a necessidade de desenvolver sistemas com melhor desempenho e produzir a custos competitivos. Portanto, tornou-se fundamental o gerenciamento constante dos processos produtivos buscando a melhor produtividade, evitando falhas e perdas desnecessárias .

Assim, para as empresas assegurarem sua sobrevivência são necessários melhorar a eficiência no que tange os processos operacionais e os processos de gestão. Além disso, é fundamental que haja um acompanhamento meticuloso e detalhista sobre como é a relação entre os fatores que regem o processo, para que sua gestão seja bem-sucedida [10, 12].

Em um contexto de competição é importante unir esforços para manter ou até mesmo aumentar o ritmo de crescimento estruturado nas empresas. Outrossim, os sistemas precisam ser eficientes e produtivos, além de pautarem a redução de custos, visto que os clientes exigem produtos de qualidade e com o menor preço possível, portanto, é necessário promover melhorias com o objetivo de eliminar os problemas que afetam o sistema [13, 14].

Deste modo, as melhorias em processos garantem maior produtividade para a operação atual e inovação para proporcionar o aperfeiçoamento do modo de trabalho, o que garante entrega de produtos e serviços diferenciados com melhor preço e qualidade. Além disso, bons processos são capazes de eliminar desperdícios, reduzir custos e aumentar o valor entregue para os clientes .

Por fim, a importância da gestão é ressaltada a partir de indicadores relacionados à operação, uma vez que é necessário “medir para gerenciar”. Estes indicadores, são caracterizados como dados que expressam o comportamento de um processo de forma quantitativa e servem para monitorar o desempenho do sistema, são capazes de monitorar, avaliar, controlar e atuar na melhoria global [13, 12].

## **3. Metodologia**

A partir do conhecimento de uma determinada situação – um caso – é possível determinar um problema e desenvolver uma pesquisa, ou seja, desenvolver uma investigação – estudo de caso. Assim um estudo de caso pode ser caracterizado com uma pesquisa científica cujo objetivo é compreender e solucionar um problema restrito. Quando conduzido corretamente permite uma compreensão profunda de determinados fenômenos, além de se destacar em quantidade de aplicações referentes às pesquisas nas áreas de gestão de operações e administração, é bastante comum para estudos empíricos [15, 18].

Logo, para o desenvolvimento do presente artigo, foi utilizada a metodologia do estudo de caso, que tem por objetivo avaliar ou descrever situações dinâmicas onde o elemento humano está presente buscando captar uma situação de maneira geral, de modo que possa descrever, compreender e interpretar a complexidade de um caso concreto .

As etapas para aplicação do método proposto neste artigo foram: definição de uma estrutura conceitual-teórica que consistiu em um mapeamento da literatura do tema abordado; planejamento do caso com definição da unidade e do período de análise, condução de um teste piloto para que a medição e a coleta de dados fossem consistentes, coleta e registro dos dados, análise dos dados coletados para produção de uma narrativa e por fim a elaboração do relatório referente a pesquisa .

Desta forma, este artigo contempla um único estudo de caso, realizado em uma empresa de serviços do setor de Óleo e Gás. Portanto, pretende-se descrever os procedimentos e estratégias adotadas por um Grupo de Melhoria Contínua para redução do *downtime* através do aumento do tempo de agregação de valor do processo de usinagem.

## 4. Estudo de Caso

A empresa V onde foi executado o Grupo de Melhoria Contínua retratado neste artigo, fornece produtos e serviços para atender as demandas de fabricação e reparo de conexões usinadas em tubulares para o mercado de Óleo e Gás, sendo assim, dispõe de quatro tornos CNC. Entretanto, para limitar o escopo e facilitar o entendimento, foi escolhido apenas um deles para análise, monitoramento de ações e cálculo de ganhos.

### Definição do Recurso

Para definir o equipamento alvo de análise para o presente artigo, um estudo preliminar dos seis meses que antecederam o início do Grupo de Melhoria Contínua foi realizado, com o objetivo de levantar informações diretamente relacionadas à interrupções atreladas aos processos de usinagem da empresa V. Para este diagnóstico utilizou-se como base de dados os tempos do apontamento de produção do Sistema Integrado de Gestão, subdivididos em: tempo disponível e tempo de interrupções. O tempo disponível foi definido através do tempo total operacional subtraído do *setup*, paradas de pessoal e as paradas planejadas. Por sua vez, o tempo de interrupções foi determinado pela soma das interferências de quebras ou falhas, ajustes da máquina durante a produção, além das indisponibilidades de material, de ferramenta, no ambiente fabril, no processo e na logística.

Com as informações de tempos disponíveis e de interrupções, um indicador pautado nessas premissas foi desenvolvido utilizando o cálculo percentual de tempo de interrupções dos tornos em relação ao tempo disponível de cada um deles.

Do ponto de vista macro, foi diagnosticado que 36% do tempo disponível nos tornos da empresa V são destinados às interrupções. Estratificando esta taxa por torno, observou-se que 49% do tempo disponível para operação do torno 3 eram ocupados por interrupções, seguidos por 37% no torno 1, 36% no torno 2 e 27% no torno 4.

Diante dos índices percentuais obtidos das análises, priorizou-se o torno 3 por possuir o maior percentual de tempo de interrupções quando relacionado ao tempo disponível da atividade.

### **Torno 3**

O torno 3 localiza-se na fábrica A onde são beneficiados acessórios e pequenas soluções tubulares utilizadas na extração de petróleo. O processo produtivo da fábrica A é caracterizado por ser um *job shop*, isto é, apresenta um amplo portfólio de conexões com características diferentes para atender as especificações do cliente, normalmente em pequenas quantidades de produtos ou serviços, razão pela qual o processo necessita ser dinâmico e adaptável.

Assim, fábrica A está dividida em dois macroprocessos, sendo eles: usinagem e pós-usinagem. O processo de usinagem consiste na operação de corte, operações de tratamento térmico e a usinagem da conexão. No processo de pós-usinagem, são realizadas as operações de tratamento superficial, aperto, marcação, embalagem e liberação final do produto.

Os processos de usinagem e pós-usinagem trabalham de forma sequenciada, em ritmo de linha de produção, podendo as peças passarem ou não por todos eles. A usinagem é o processo que mais agrega valor nas linhas, além disso, está atrelado a ela o maior nível de conhecimento e habilidade técnica, assim, como o maior custo homem/hora.

Uma peculiaridade desta linha de produção é a dependência dos recursos antecessores a usinagem: serra e tratamento superficial (forno de indução e calibradora). Visto que a fábrica A, possui dois tornos CNC e somente um de cada dos recursos de apoio descritos anteriormente.

### **Priorização dos Problemas**

Com a finalidade de priorizar quais os principais problemas acometeram o torno 3, a ferramenta denominada Gráfico de Pareto foi utilizada para compilar e categorizar as interrupções do processo de usinagem. De acordo com a métrica do Gráfico de Pareto foram priorizados os problemas relacionados ao ambiente fabril com 46% das interrupções acumuladas no período, seguido dos problemas de processo com 31% de representatividade.

De forma a compreender com maior assertividade os problemas que acometem o ambiente e o processo do torno 3 da empresa V, foi realizada uma segunda estratificação dos dados do apontamento de produção utilizando novamente o Gráfico de Pareto.

Assim, ao analisar primeiramente os problemas atrelados ao ambiente fabril, foi detectado que 52% do tempo de interrupções estavam relacionados à espera dos processos de tratamento térmico, que são os postos de trabalho que antecedem o processo de usinagem, seguido por 20% do tempo de interrup-

ção referente aos equipamentos de movimentação de carga. Para os problemas relacionados ao processo foi detectado que 58% do tempo relacionado a essas interrupções eram ocasionados por medições e inspeções do setor da Qualidade.

Para aprofundar a compreensão dos dados numéricos estratificados do apontamento de produção, a metodologia de *brainstorming* foi utilizada, com foco nos problemas levantados no Gráfico de Pareto. Todas as ideias de possíveis causas que impactavam o tempo disponível do torno 3 foram dadas sem inibição. Visões multilaterais foram de extrema importância neste momento, uma vez que, cada pessoa envolvida no grupo fazia parte de um setor diferente que integrava o processo de usinagem.

Os problemas potenciais foram filtrados e para cada um deles foram realizadas árvores de falhas com intuito de descobrir as causas raízes. Através da ferramenta GUT priorizou-se os problemas a serem tratados, desta forma, estaria garantido ações efetivas para melhoria do processo.

Depois que os problemas foram levantados, analisados e priorizados, iniciou-se o processo de proposição, estudo, delegação e execução de ações. Para ilustrar e contextualizar este artigo separou-se ações que tiveram impacto na melhoria do problema detalhado anteriormente, a saber:

### **Forno de Indução**

Problemas (I): Interrupções na atividade de usinagem para aguardar peças provenientes do processo de tratamento térmico, devido a necessidade de movimentação da peça aliviada para ser resfriada em outro recurso e de manter a peça içada durante o processo de alívio de tensão para garantir a centralização e o ajuste de penetração do tubo no forno.

Causas raiz (I): Inexistência de local adequado para resfriamento do material próximo ao forno e o projeto inicial não considerava a necessidade de centralização e avanço da peça.

Ação (I): Reestruturação do forno de indução com a instalação de um dispositivo de resfriamento, sem a necessidade de movimentação, e a instalação de uma banca com cava e rolos, para auxiliar na centralização e no ajuste de penetração do tubo no forno.

Observações e detalhamento (I): O forno de indução é um dos tratamentos térmicos disponíveis na empresa V, sendo responsável por promover deformações nas conexões que posteriormente serão usinadas, sendo assim, o processo de alívio de tensão tem impacto significativo no tempo de usinagem.

O processo de indução era desenhado de maneira a demandar que equipamentos de guindar permanecessem no recurso exclusivamente durante todo seu tempo de ciclo. Pois, após o alívio de tensão o material apresenta alta temperatura e para o processo prosseguir é necessário resfriar a peça. Então era utilizado um tanque de água fria pertencente a outro processo, a movimentação até o tanque e o tempo de resfriamento na água requisitava da ponte rolante. Além

disso, a banca auxiliar ao processo não possuía cava para centralização, rolos para avanço e ajuste da penetração da peça no forno, o que também demandava a ponte rolante no processo.

Portanto, o impacto nos tornos eram interrupções devido à espera da ponte rolante para realizar movimentação de peças, além de eventuais atrasos para envio do material para os tornos devido à morosidade do processo de alívio.

Resultado (I): As melhorias descritas anteriormente, promoveram segurança e condições ergonomicamente adequadas para os colaboradores envolvidos com a atividade, além de reduziram o tempo de processamento do material no forno de indução e diminuírem a dependência da ponte rolante, o que no limite, impactou o processo de usinagem.

### **Processos antecessores**

Problemas (II): Interrupções na atividade de usinagem para aguardar peças provenientes dos processos de antecessores (serra, calibradora e forno de alívio).

Causa raiz (II): Recursos críticos não contemplados no plano de produção.

Ação (II): Criação de *checklist* para reunião de análise prévia do plano de produção.

Observações e detalhamento (II): Os tempos de ciclo dos recursos, calibradora, forno de indução e serra, que antecedem o processo de usinagem não eram considerados no plano de produção. Sendo assim, os materiais programados em paralelo nos tornos que necessitavam ser processados pelos recursos anteriores tornavam-se o gargalo do processo, pois o tempo de ciclo dos processos antecessores para alimentar os tornos era maior que o tempo de ciclo de usinagem.

Resultados (II): Com a implementação do documento utilizado pela gestão das fábricas em conjunto com o setor de planejamento da produção, foi observado um ganho devido a redução expressiva dos desvios encontrados no plano de produção no momento que o mesmo é transmitido para a equipe da fábrica, além de melhorar a interface entre os setores de produção e planejamento.

### **Ferramental da Calibradora**

Problema (III): Problema operacional na montagem do ferramental da calibradora e interrupções na atividade de usinagem para aguardar peças provenientes do processo de tratamento térmico.

Causa raiz (III): A área do ferramental não tem *kits* para o *setup* pré-estabelecidos.

Ação (III): Realização da metodologia 5S na área do ferramental da calibradora e o agrupamento do ferramental em kits pré-estabelecidos.

Observações e detalhamento (III): Assim, como o forno de indução, a calibradora também é um tratamento térmico da empresa V e também antecede o processo de usinagem. A troca de ferramental da calibradora é um processo oneroso do ponto de vista de tempo produtivo, e impacta diretamente no tempo de usinagem, uma vez que, os tornos dependem dos materiais provenientes desse recurso.

Desta forma, foi observado que o ferramental da calibradora não estava disposto de maneira lógica e organizada. Gerando duplicidade de interpretação na seleção do ferramental utilizado, o que aumentava o tempo de troca do equipamento, além de gerar retrabalhos.

Resultados (III): O processo foi impactado positivamente, uma vez que, a seleção do ferramental tornou-se intuitiva e foram eliminadas as possibilidades de duplas interpretações.

Além disso, fortaleceu-se a cultura de empoderamento do operador, uma vez que o mesmo é agente ativo na manutenção do 5S da área. E promoveu melhorias em questões de redução de desperdício de recursos e espaço, de forma a aumentar a eficiência operacional.

### **Operadores de ponte rolante**

Problema (IV): Falta de colaboradores qualificados na operação de equipamentos de guindar.

Causa raiz (IV): Na contratação de novos colaboradores não foi contemplado à necessidade de qualificação.

Ação (IV): Qualificação de operadores para operar a ponte rolante.

Observações e detalhamento (IV): A fábrica A não possuía número suficiente de operadores qualificados na operação de movimentação de carga por equipamentos de guindar. Nos tornos esse problema foi evidenciado, uma vez, que as operações eram interrompidas devido à espera do recurso para abastecimento e desabastecimento da máquina.

Resultados (IV): Após realizado os treinamentos e qualificações de mais operadores para os equipamentos de guindar. O tempo de interrupções por espera para movimentações nos tornos diminui, visto o aumento de mão de obra apta para operar os equipamentos.

### **Inspecções e medições de qualidade**

Problema (V): Interrupções devido ao alto tempo aguardando controlador fazer medições e inspecções de Qualidade.

Causa raiz (V): O operador, por vezes, refazia as medições e inspecções, para se sentir seguro no fornecimento dos dados.

Ação(V): Criação e execução de cronograma de reciclagem de operadores em quesitos de medição e inspeção de Qualidade.

Observações e detalhamento (V): Verificou-se que parte do percentual de interrupções ocasionada por medições e inspecções do setor da Qualidade dava-se devido ao alto tempo aguardando controlador executá-las. Em análise, foi detectado que este tempo se relacionava diretamente com o fato do operador, por vezes, refazer as medições para se sentir seguro no fornecimento dos dados. Desta forma, foi verificado que não existia um cronograma de reciclagem dos operadores da Qualidade para realizar medições e inspecções, o que reduziria o retrabalho e conseqüente redução o tempo de ciclo da atividade da Qualidade no processo de usinagem.

Resultados (V): A partir da criação de um cronograma controlado de reciclagem de treinamentos, os operadores tornaram-se mais confiantes e assertivos em suas funções, o que impactou diretamente na queda dos tempos de interrupção atribuídos ao setor da Qualidade.

## 5. Resultados

As ações desenvolvidas pelo Grupo de Melhoria Contínua reduziram em 16% as interrupções do processo de usinagem do torno 3, ou seja, antes da execução do Grupo, as interrupções eram de 49%, e após a implementação das ações as interrupções por tempo disponível passaram para 33%, o que significou uma melhoria no tempo disponível para produção de aproximadamente uma hora e vinte minutos por turno de trabalho. Conforme mostra o Gráfico 1 que apresenta a comparação do percentual de interrupções do torno 3, antes e depois da implementação das ações.

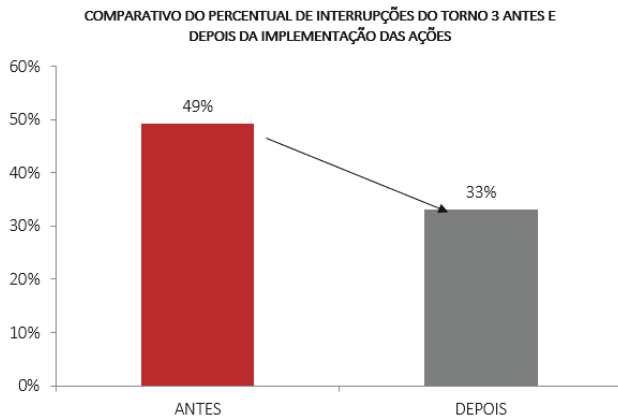


Figura 1 - Comparativo do percentual de interrupções  
Fonte: Autores (2019)

Considerando que na Fábrica A, onde está localizado o recurso estudado, tenha um turno de dez horas de produção, com treze colaboradores por turno, recebendo um salário médio acrescido 80% de adicional de hora extras. Assim, foi calculado um custo evitável de produção de aproximadamente 70 mil reais anuais com turnos extras destinados a atender a torno 3.

Após verificação de eficácia no torno 3, foram realizadas abrangências para os demais recursos de usinagem da empresa V, ou seja, as ações foram adaptadas às particularidades de cada linha de produção onde havia o recurso de usinagem. E foi possível observar impactos positivos nos seus respectivos indicadores comparativos de interrupções, antes e depois da implementação das ações, em todos os tornos houve reduções do tempo de interrupção.

## 6. Conclusão

Sendo assim, é possível concluir de maneira global que o processo de usinagem da empresa “V” apresentou após a implementação dos Grupos de Melhoria Contínua uma redução média de 9% nas interrupções, onde a taxa de *downtime* caiu de 36% para 28%. Esta redução evidencia que o método de trabalho é eficaz e se levado adiante poderá resultar em índices ainda menores de interrupção chegando a patamares inexpressivos nos próximos três anos.

Logo, o grupo obteve um bom ganho para o primeiro ano de trabalho, uma vez que todos estes postos de usinagem já passaram por trabalhos anteriores de padronização e balanceamento das atividades. Este ganho reflete que a proposta do grupo foi alcançada, e que o pilar da filosofia *Lean Six Sigma* na qual se encaixa a melhoria contínua foi validado pelo resultado trabalho executado.

Como trabalhos futuros o Grupo de Melhoria Contínua – GMC poderia fazer uma análise da eficácia das ações implantadas no longo prazo para avaliar o grau de aderência destas ao processo operacional e o estudo de novos métodos para obter uma redução maior também pode ser um objetivo factível de ser adotado.



## Referências

OHNO, Taiichi. O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

SHINGO, Shigeo. O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção. 2ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

BARBOSA, L. C. Fluxo contínuo: ferramenta do Sistema de Produção Enxuta aplicado ao processo de produção de estacas pré-moldadas de concreto para fundações. Tese (Pós-graduação em Engenharia Civil) – Instituto de Tecnologia – Universidade Federal do Pará, 2009. 125 p. Disponível em: <[http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/bitstream/2011/6008/1/Dissertacao\\_Fluxo-ContinuoFerramenta.pdf](http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/bitstream/2011/6008/1/Dissertacao_Fluxo-ContinuoFerramenta.pdf)> Acessado em: agosto de 2018.

FACCIO, K. Avaliação dos Fatores Chaves para Implementação do Lean. Porto Alegre: Produto & Produção, vol. 15, 2014.

DENNIS, Pascal. Produção lean simplificada: Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. desempenho. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

CALADO, R. D. Método de diagnóstico de empresa: uma abordagem segundo os princípios do Lean. Dissertação (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2011, p.121.

WERKEMA, C. Criando Cultura Lean Seis Sigma. 3ª ed. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2012.

GEORGE, M. L. Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed. McGraw-Hill, 2002.

ANTUNES, Junico. et al. Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão de produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ANTUNES, Junico. et al. Uma revolução na produtividade: a gestão lucrativa dos postos de trabalho. Porto Alegre: Bookman, 2013.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. Confiabilidade e Manutenção Industrial. São Paulo: Campus; Elsevier, 2009.

MENDES, F. B. Apresentação de um modelo de gestão de operações para empresas de serviços em cenários de crise: um estudo de caso na indústria do petróleo. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Fluminense, Rio das Ostras, RJ, 2018.

JESUS, Leandro; MACIEIRA, André. Repensando a gestão por meio de

processos: como o BPM pode transformar negócios e gerar crescimento e lucro. Edição digital. EloGroup, 2015.

HANSEN, Robert C. Overall Equipment Effectiveness: A Powerful Production/ Maintenance Tool for Increased Profits. New York: Industrial Press, 2002.

MARTINS, G. A. Estudo de caso: uma reflexão sobre a aplicabilidade em pesquisas no Brasil. Revista de Contabilidade e Organizações, v. 2, n. 2, Jan./Abr. 2008, p. 9-18.

LAUREANI, A.; ANTONY, J. Reducing employees' turnover in transactional services: a Lean Six Sigma case study. International Journal of Productivity and Performance Management, v. 59, n. 7, p. 688-700, 2010.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. A mentalidade enxuta nas empresas. 5 ed. Rio de Janeiro: Ed Campus, 1998.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Uma Análise Distintiva entre o Estudo de Caso, A Pesquisa-Ação e a Design Science Research. Revista Brasileira de Gestão de Negócios-RBGN, v. 17, n. 56, p. 1116-1133, 2015.

SILVA, Brena Bezerra et al. Identificação Dos Fatores De Implantação Do Seis Sigma Em Empresas No Brasil. Revista Gestão. Org, v. 15, n. 2, p. 519-529, 2017.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. Produção. v. 17, n. 1, p. 216 – 229, 2007.

# Análise e Melhoria da Gestão do *On Time Delivery* em uma Empresa Prestadora de Serviços do Setor de Óleo e Gás

---

*Guilherme Silva da Rosa*<sup>17</sup>, *Igor Farah Bersot*<sup>18</sup>, *Maria Helena Teixeira da Silva*<sup>19</sup>, *Luiz Antônio de Oliveira Chaves*<sup>20</sup> e *Mateus Carvalho Amaral*<sup>21</sup>

Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brasil

## 1. Introdução

O Brasil tem vivido um momento de crise econômica e política que afeta vários segmentos da indústria no país, principalmente as empresas que atuam no setor petrolífero, que são diretamente afetadas por ações geopolíticas e variações do mercado de *commodities*. Neste cenário, de grande concorrência de mercado, crise econômica e política do Brasil, é necessário, para se manter competitivo e evitar perdas de capital, atender as mais variadas exigências dos clientes (Pedrosa e Corrêa 2016). São crescentes as exigências e o rigor para que contratos sejam cumpridos, o que requer das indústrias uma melhoria constante em todos os setores e serviços.

Consequentemente, as empresas do setor de petróleo buscam adequar investimentos e receitas e compatibilizar as operações com a redução significativa dos custos, o que implica diretamente na diminuição de demanda de serviços e um maior rigor na fiscalização dos contratos existentes.

O atual cenário dos serviços de manutenção das plataformas brasileiras pode ser exemplificado pela demanda de prestação de serviços utilizando o modelo

---

17 E-mail do autor correspondente: s.guilherme889@gmail.com

18 E-mail do autor correspondente: igorfarahbersot@id.uff.br

19 E-mail do autor correspondente: maria\_helena@id.uff.br

20 E-mail do autor correspondente: luizchaves@gmail.com

21 E-mail do autor correspondente: mateus\_amaral@id.uff.br

em crescimento na indústria mundial do petróleo. Além da constante busca na eficiência operacional das plataformas e a manutenção das operações nos níveis de segurança para os quais as unidades foram projetadas. Isso requer menor tempo de atendimento, conforme as exigências dos contratantes para aumentar a capacidade de produção de Óleo e Gás (Moreira 2013).

Portanto, a garantia da competitividade constitui um desafio para a empresa, principalmente, quando não são cumpridas as exigências contratuais. Essa condição é passível de recebimento de multas, além de prejudicar a imagem da prestadora. As perdas podem ocorrer, o que pode levar até a um rompimento de contrato e, em casos mais graves, a exclusão da participação em futuros processos licitatórios.

Uma das exigências contratuais é o cumprimento do prazo de entrega, desta forma, existe menor margem para tempo de atrasos, sendo necessário evitar as multas e manter uma boa imagem da empresa no mercado para contratos futuros.

Este cenário evidenciou a necessidade de revisão do processo de recebimento e entrega dos serviços de manutenção em uma empresa, assim como a melhoria sistemática de acompanhamento dos prazos, para que fosse reduzido o risco de recebimento de multas.

Assim, o objetivo deste artigo consistiu na análise do processo de prestação de serviços de uma empresa do setor de petróleo, em relação à gestão de operações para a manutenção de equipamentos submarinos. Foram avaliados os procedimentos de execução de serviços e utilizadas ferramentas de análise e parâmetros de processos com o indicador de desempenho *On Time Delivery* (OTD) para atender normas contratuais.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1. Método de Análise e Melhoria de Processos (MAMP)

O Método de Análise e Melhoria de Processos (MAMP) foi desenvolvido em 1997 pelo Instituto Brasileiro de Qualidade Nuclear (IBQN) e tem como seus principais objetivos a satisfação dos clientes, a melhoria contínua, a maior participação da gerência, o gerenciamento da informação e a garantia da qualidade.

De acordo com Dias (2006), metodologia MAMP é fundamentada através do ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*). Segundo Dias (2006), é de fundamental importância educar e treinar as pessoas envolvidas no processo para que as tarefas sejam realizadas corretamente. O autor também afirma ser necessário definir mecanismos de controle para que os resultados sejam avaliados e então, seja possível aplicar medidas para corrigir os problemas identificados.

Ainda segundo Dias (2006), o MAMP possibilita alcançar os seguintes objetivos: melhoria contínua de processos, melhoria na qualidade e fluxo de infor-

mação da empresa, satisfação do cliente, colaboradores mais motivados e capacitados, comprometimento com a qualidade, inovação, mudança e superação de desafios.

O diagnóstico do nível organizacional das operações deve ser medido de modo que possa obter o *status* do *modus operandi* para o desenvolvimento de ações de melhoria. Ferramentas de análise de problemas para as causas e efeitos, assim como os indicadores e métricas de desempenho, podem ser utilizados para subsidiar ações de intervenção.

## **2.2. Indicadoras-Chaves de Desempenho e On Time Delivery (OTD)**

De acordo com Parmenter (2015), os Indicadores-Chaves de Desempenho, ou *Key Performance Indicators* (KPI), têm como foco os aspectos de desempenho que são mais importantes para o sucesso atual e futuro da organização. Para Cabeza (2015), KPI é uma medida de desempenho que tem como objetivo avaliar uma atividade específica, de acordo com o resultado de uma meta operacional, ou um progresso em relação aos objetivos estratégicos da empresa. Já para Spitzer (2007), KPI é um método utilizado pelas empresas para as mesmas se guiarem.

Segundo Leão (2018), uma empresa é confiável quando ela cumpre sua palavra, seus acordos ou suas promessas e quanto maior o índice de cumprimento, mais confiável a empresa será para seus clientes.

Para a administração da produção, ser confiável significa entregar o produto com a qualidade exigida pelos clientes na data acordada com os mesmos. Essa data acordada na maioria dos casos não pode ter folgas, pois os clientes também exigem velocidade. Porém, em geral, são acordadas datas de entrega e a tolerância ao atraso é baixa (Leão 2018).

De acordo com Leão (2018), o indicador de desempenho adequado para a indústria ser confiável é entregas no prazo, também conhecido como *On Time Delivery* (OTD), que é representado pela razão entre as entregas no prazo e as entregas totais. Utilizando as ferramentas adequadas, esse indicador pode ser desdobrado por produtos, clientes, vendedores, representantes, regiões e outros parâmetros. Deste modo, é possível efetuar a comparação de diferentes desempenhos e buscar a redução de discrepâncias.

Segundo Silva (2011), OTD é o indicador utilizado para medir a qualidade de serviços prestados aos clientes, e por esse motivo sua melhoria deve ser um objetivo constante das empresas.

De acordo com Silva (2011), o nível de serviço pode ser medido por expressões similares as apresentadas pelas Equações 1 e 2

$$\text{Nível de serviço} = \frac{\text{Quantidade de artigos entregues no prazo acordado}}{\text{Quantidade de artigos entregues}} \quad (1)$$

$$\text{Nível de serviço} = \frac{\text{Encomendas satisfeitas}}{\text{Total de encomendas}} \quad (2)$$

Silva (2011) indica que o OTD representa a porcentagem de encomendas entregues ao cliente dentro do prazo acordado e deve ser calculado no início de cada mês, referente às entregas realizadas no mês anterior e deve ser divulgado para os responsáveis dos departamentos envolvidos no processo de produção.

## 3. Metodologia e Estudo de Caso

### 3.1. A empresa e Caracterização do Problema

O cenário do estudo de caso da aplicação da pesquisa trata-se de uma multinacional produtora e prestadora de serviços, com base voltada para as operações de manutenção, situada no município de Macaé, Estado do Rio de Janeiro. Os serviços executados são de pós-venda para os principais *players* do ambiente *offshore* de petróleo, que demandam reparos dos equipamentos submarinos, utilizados na fase de exploração e produção de Óleo e Gás. Os possíveis insumos apresentam significativa complexidade como ANM (Árvore de Natal Molhada), BAP (Base Adaptadora da Produção), MCV (Módulo de Conexão Vertical), Capa da Árvore, Suspensor de Coluna e Cabeça de Poço, além das ferramentas de apoio a instalação, transporte e testes destes equipamentos.

O estudo consistiu na aplicação de um modelo baseado no Método de Análise e Melhoria de Processos que contempla a avaliação, acompanhamento, amadurecimento e melhoria de processos. A meta consiste em obter um diagnóstico dos fatores que impactam o indicador de entregas de serviços por meio da métrica OTD. O projeto foi realizado no período de 01 de Junho/2016 a 30 de Maio/2017.

No mês de Junho/2016, marco inicial da avaliação, foi iniciado um novo contrato de prestação de serviço com seu maior cliente. O processo de acompanhamento dos prazos para a verificação do atendimento parte com novas diretrizes de contrato que constitui assim novos critérios de penalidades na forma de multas para compensação de atrasos nos serviços prestados.

Desta forma, o estudo contempla as atividades de prestação de serviços de manutenção de equipamentos submarinos para o cliente que configura um dos *players* operadores de produção de Óleo e Gás no Brasil. Os serviços englobam o recebimento, a inspeção, a reparação de falhas e a entrega no tempo definido para cada tipo de equipamento.

Os processos mecânicos existentes neste setor industrial apresentam custos significativos, envolvendo níveis de segurança elevados e que possam apresentar confiabilidade, de modo a garantir a operacionalidade do sistema.

O marco temporal de análise envolveu o início do contrato de prestação de serviços e devido à crise de mercado instaurada na operadora, as cláusulas referentes à realização dos serviços no prazo foram alterados. As modificações implicaram em uma maior rigidez de prazos de entrega, tendo como penalização para os possíveis atrasos a aplicação de multa com um valor proporcional ao serviço realizado.

### **3.2. Análise dos Processos de Manutenção e Funções Administrativas**

Inicialmente foi necessário desenvolver a análise de prospecção dos processos de manutenção realizados. Esta análise constitui, portanto, a base de dados para o entendimento global e específico das operações e o tempo de processamento dos serviços, de forma a compreender as atividades, as características e as limitações de execução.

A partir desta análise foi possível determinar os objetivos que deveriam ser alcançados e selecionar quais as ações deveriam ser executadas de forma a alcançá-los. As informações específicas podem subsidiar análises para aumentar o desempenho do indicador e reduzir a possibilidade de multas devido aos atrasos. Como resultado preconizado, foi postulado a diminuição de custos e melhorias nos processos de manutenção.

A necessidade de analisar as funções administrativas específicas de alguns setores foi efetuada como mecanismo para auferir a garantia de fluxo de informação, redução de tempo de transporte de dados e aumento da qualidade. A finalidade foi reduzir a probabilidade de falhas de comunicação interna, controle e registro para garantir atendimento de prazos.

Os prazos para realização dos serviços eram definidos pelo setor de contratos, sem uma consulta prévia ao setor de planejamento e as atuais condições de capacidade do chão de fábrica. Com isso, havia uma grande taxa de falha na definição de prazos internos e por consequência, atrasos e desvios de controle.

A proposta de mudança de responsabilidade da definição do tempo de execução de serviços para o setor de planejamento foi apresentada com fundamentações. Esse setor tem acesso às informações necessárias para determinar o prazo conforme a capacidade de execução possui o conhecimento de processo e dados com os índices de produtividade como a capacidade fabril, filas e *lead times*. Constituiu assim o setor com maior capacitação técnica e administrativa para as tomadas de decisão quanto ao tempo de execução do ciclo de manutenção.

### **3.3. Método de Priorização Com Base nos Prazos**

Nesta etapa foi realizada a modificação do processo de priorização de filas, que anteriormente seguia o sistema FIFO (*First In, First Out*), ou seja, o primeiro a chegar era o primeiro a sair do centro de trabalho, ou realizando prio-

rizações com base em necessidades operacionais de seus clientes. O que nem sempre atendia os contratos porque havia equipamentos com diferentes prazos para execução do serviço.

Seguindo o novo cenário, a priorização das filas começou a ter como base o tempo de processamento estipulado para realização do serviço acordado com o cliente, de forma a garantir que não ocorram atrasos ou caso ocorra, seja o mínimo possível e de forma justificada, evitando o máximo possível as multas e a perda de credibilidade da empresa.

### 3.4. Monitoramento da Métrica OTD

O indicador utilizado para análise de desempenho e monitoramento de execução de contrato de projeto é o *On Time Delivery* (OTD). A métrica é extraída quinzenalmente e reportada mensalmente para toda a empresa e seu cliente. Representa a razão de itens mantidos entregues no período estabelecido no mês e o total de itens entregues no intervalo de tempo. A Equação 3 representa o KPI adotado para avaliar o desempenho de serviços prestados.

$$OTD(\%) = \frac{\text{Total de itens entregues no prazo no mês}}{\text{Total de itens entregues no mês}} \cdot 100 \quad (3)$$

A métrica constitui um padrão para unidades de serviços da empresa, porém, foi diagnosticado que o indicador não era divulgado como importante parâmetro de métrica de desempenho e foco. As alterações do setor de Óleo e Gás redundaram na modificação de cenários e o indicador ganhou importância para a empresa e seu principal cliente, tornando-o uma das principais métricas da companhia.

### 3.5. Identificação dos Problemas e Melhorias

A identificação dos potenciais problemas no cumprimento de metas estabelecidas em contrato foi executada nessa fase do estudo. A avaliação de um banco de dados de registro de falhas e uma análise crítica dos dados do OTD foi efetuada. A finalidade foi a identificação dos principais fatores que levam aos atrasos nos processos de itens de manutenção.

Com base na análise foi possível verificar os problemas para implantação de procedimentos e ações de solução com níveis de prioridade, conforme a frequência de recorrência. Dessa forma, foi possível identificar itens e procedimentos para que a melhoria dos resultados seja obtida de forma mais efetiva.

O tratamento de dados foi obtido através da análise do diagrama de Pareto para construir um plano de ação, com a finalidade de diminuir a incidência dos



problemas responsáveis pela maioria dos atrasos. As causas administrativas ou causas oriundas de processos de produção foram identificadas. Essas resultaram na melhoria no processo de análise para a definição de prazos, e no chão de fábrica, ocasionou efeitos positivos nos processos de movimentação e comunicação entre os centros de trabalho devido à redução de retrabalho e ganho de comunicação.

As ações foram implantadas e a fase seguinte consiste em monitorar e verificar se os resultados tiveram o impacto esperado conforme os registros mensais no indicador com efeitos na diminuição dos atrasos causados pelos problemas identificados. Além disso, foi avaliado o surgimento de novas causas de atrasos devido às mudanças implantadas.

Deste modo, foi definida a análise de diagnóstico detalhado para a periodicidade de realização de forma trimestral, o que possibilita um estudo com maior número de dados para medir os efeitos e as interferências para análise de desempenho do KPI, redução dos atrasos e os reflexos para garantir a melhoria contínua do OTD.

## **4. Resultados**

### **4.1. Análise do indicador no 1º trimestre**

Os resultados foram avaliados para um período de 12 meses, separados em 4 trimestres para medição de desempenho, partindo de Junho, Julho e Agosto de 2016. No primeiro mês o indicador OTD apresentou um resultado de análise para 54 serviços, onde apenas um apresentou atraso, gerando um resultado de 98,15% de atendimento dos prazos.

Nesta parte inicial não havia nenhum controle de acompanhamento dos serviços, os mesmos seguiam apenas o fluxo natural do processo, atendendo como prioridades apenas os equipamentos e ferramentas com demandas operacionais mais próximas. Os demais serviços seguiam o regime de FIFO em todos os centros de trabalho.

Esse resultado obtido, mesmo sem nenhum acompanhamento dos serviços, demonstra ganho de desempenho apesar de terem sido analisados apenas os serviços que foram iniciados e concluídos no mês inicial de acompanhamento. No entanto, os serviços com maior complexidade em etapas e processos, e consequentemente mais passíveis de serem concluídos em atrasos, fazem parte da etapa seguinte de análise temporal.

As análises referentes ao mês de Julho/2016 demonstraram uma tendência do perfil de variação do indicador que o processo não estava adequado à nova situação de acompanhamento para atender os prazos. Os resultados demonstravam menor desempenho quando comparado ao primeiro mês.

No mês de Julho/2016, a análise detalhada do indicador apresentou um to-

tal de 98 serviços avaliados, destes, 89 foram realizados dentro do prazo, o que representa um OTD de 90,82%. Neste mês foi verificado um atraso próximo a 10% dos serviços concluídos, o que levantou a necessidade de realizar um acompanhamento das atividades e processos das manutenções, para identificar e tratar as causas dos atrasos, com o intuito de melhorar o indicador e evitar multas.

O mês de Agosto/2016 foi o período que apresentou o menor desempenho comparativo para 12 meses de acompanhamento. Os dados demonstraram um total de 98 serviços avaliados, onde 87 foram realizados dentro do prazo, o que representa um OTD de 88,62%, e, portanto, uma redução de desempenho para o período avaliado.

No mês de Agosto teve início o processo de acompanhamentos diários dos principais serviços considerados críticos, ou seja, serviços próximos da data limite para sua conclusão. O monitoramento teve a finalidade de identificar as fases que causam desvios e interferem no processo, impactando o cumprimento dos prazos e, conseqüentemente, o OTD.

Neste mês também foi iniciado o processo de revisão de prazos, o que ocorre sempre quando há uma paralisação não prevista no processo de manutenção. Quando a paralisação ocorre é desenvolvida uma análise para identificar se o motivo da interrupção do serviço é pertinente, em caso afirmativo a informação é repassada para o agente fiscal residente. Esse profissional avalia se de fato ocorreu paralisação e autoriza ou não a postergação do prazo final do serviço com base no relatório de diagnóstico apresentado.

#### **4.1.1. Identificação de problemas e melhorias**

Os registros de atrasos identificados no primeiro trimestre de acompanhamento demonstraram a necessidade de avaliação das causas raízes para redução de perdas. A ferramenta de Árvore de Realidade Atual junto com o Diagrama de Pareto foi utilizada. A técnica de classificação dos agentes e efeitos foi utilizada para agrupar os problemas e priorizar as causas identificadas de forma hierárquica para tratamento e redução da frequência de ocorrência.

O maior problema encontrado foi a falha na comunicação e informação que representa 45,83%. Deste modo, foram tomadas ações para melhorar o fluxo de informações, implantação e o acompanhamento dos prazos nas reuniões diárias das células de trabalho. Esse conjunto de procedimentos não era anteriormente realizado, o que tornava a produção carente de informações referentes aos vencimentos dos prazos dos serviços que estavam em seu centro de trabalho.

As reuniões eram utilizadas apenas com enfoque de solução de problemas imediatos, com representantes de diversos setores envolvidos no processo. As mudanças realizadas com objetivo de que o fluxo de informação fosse mais rápido e com melhor qualidade resultaram no menor número de atrasos. Adicionalmente, caso seja previsto que algum atraso possa ocorrer, o procedimento de comunicação ao cliente é efetuado e controlado de modo a acordar novos prazos do serviço.

Medidas foram tomadas para melhorar o acompanhamento nos serviços de reparo e inspeção. Essa foi a segunda maior causa de atrasos, com 29,17%, especialmente os serviços de pinturas e suas inspeções. Essas operações são normalmente atividades finais de processo de reparo, tendo um prazo curto em relação às outras atividades. Sendo assim, iniciou-se a utilização do sistema *Kanban* eletrônico, que já era usado na empresa para realizar a priorização destes serviços no sistema FIFO. A finalidade foi obter a redução de atrasos recorrentes destas atividades em razão da necessidade de utilizar o sistema para priorizar os serviços com base na sua data estimada de conclusão.

O sistema de *Kanban* eletrônico utilizado extrai os dados de sequenciamento de atividades e tempos de processamento do sistema SAP. Também acrescenta a esses dados os tempos das filas dos centros de trabalho e com essas informações o sistema calcula a data em que o serviço será concluído.

Portanto, com base nesses dados o planejador responsável pelas atividades de reparo, pode sequenciar e priorizar as filas dos centros de trabalho a fim de reduzir os atrasos. Caso não seja possível concluir no prazo acordado, o planejador informa ao setor de contratos para o mesmo comunicar ao cliente e tentar a renegociação do prazo em questão.

Outra ação de implantação com resultado de valor utilizando o sistema de *Kanban* eletrônico foi nas atividades que sofrem interrupção por algum motivo. Houve melhora no fluxo da informação, pois esse sistema é paralisado e removido da fila do centro de trabalho atual, até que a pendência seja tratada e o mesmo possa retornar para seu processo de manutenção.

O processo de priorização dos serviços é realizado pelo setor de planejamento, mais especificamente pelos planejadores de montagem/teste e reparo/inspeção. Quando algum colaborador encontra algum problema que gere a paralisação do serviço, o mesmo deve paralisar o serviço no sistema *Kanban* informatizado, removendo assim este serviço de sua fila, para que então o planejador receba a informação da interrupção através do sistema e comunique ao setor de contratos a interrupção do serviço, que por sua vez informa ao cliente, até que sua pendência seja tratada e um novo prazo acordado.

Com a informação da interrupção do serviço pelo sistema *Kanban* informatizado, o setor de planejamento solicita que o setor de contratos informe a paralisação ao cliente, para que assim o prazo seja congelado e revisto quando a pendência for resolvida.

A partir deste resultado do primeiro trimestre, também foi modificado o processo de definição dos prazos. Anteriormente era realizado pelo setor de contratos e normalmente definia um prazo fixo de um mês para todos os serviços. Não era considerada a base de dados como escopo da manutenção e as variáveis do chão de fábrica que interferem no tempo de processamento de cada serviço, como filas, *lead times*, movimentação, recursos e outros parâmetros. Deste modo, foi atribuída ao setor de planejamento a responsabilidade de definir as datas de início e fim dos serviços.

Outra ação de melhoria realizada neste primeiro trimestre foi a necessidade de expor a importância do indicador e do cumprimento dos prazos para todos os setores envolvidos no processo. A divulgação sistemática assim como a realização de um treinamento de conscientização do OTD foi considerada necessária, pois muitos colaboradores apresentaram dúvidas sobre as cobranças baseadas nos prazos e as inter-relações de causas e efeitos.

#### **4.2. Análise do indicador no 2º trimestre**

Os resultados da análise do indicador referente aos meses de Setembro, Outubro e Novembro de 2016 demonstraram a garantia de desempenho. As análises referentes ao mês de Setembro/2016 demonstraram que o indicador apresentou um total de 112 serviços avaliados, destes, 103 foram realizados dentro do prazo, o que representa um OTD de 91,96%.

Com os resultados parciais em relação à fase inicial, pode ser diagnosticado que as tomadas de decisão efetuadas para a melhoria do indicador estavam corretas. Com isso, os acompanhamentos diários e o melhor tratamento do fluxo de informação continuaram sendo efetuados a fim de manter os ganhos permanentemente.

O mês de Outubro/2016 apresentou uma pequena melhora, que também pode estar relacionada às melhorias feitas a partir do resultado da análise do primeiro trimestre de acompanhamento do indicador. Neste mês, a análise do indicador apresentou um total de 172 serviços avaliados, destes, 159 foram realizados dentro do prazo, o que representa um OTD de 92,44%.

No mês de Novembro/2016 o indicador apresentou uma melhora considerável, chegando próximo aos 95% de serviços entregues no prazo acordado. A análise do indicador apresentou um total de 157 serviços avaliados, destes, 149 foram realizados dentro do prazo, o que representa um OTD de 94,90%.

##### **4.2.1. Identificação de problemas e melhorias**

A fim de manter a continuidade da melhoria do indicador, definiu-se a repetição do mesmo processo realizado ao final do primeiro trimestre. Realiza-se novamente a classificação dos problemas através da Árvore de Realidade Atual e utiliza-se o Digrama de Pareto para definir quais problemas devem ser tratados e quais melhorias devem ser executadas para obtenção dos resultados esperados.

Foi realizada uma nova classificação para os problemas causadores dos atrasos com base na análise das justificativas dos mesmos, para identificar a causa comum através da Árvore de Realidade Atual e, a partir dela, elaborar o Diagrama de Pareto deste respectivo trimestre. O Diagrama de Pareto, referente ao 2º trimestre, demonstrou que os atrasos referentes à falha na comunicação e informação foram reduzidos para 9,52%.

O principal desvio identificado de não conformidade neste período foi o tempo de emissão de Relatórios de Avarias (RA), emitidos após o vencimento ou de forma incorreta, com 57,14% do total de registros.

A gestão da emissão do RA foi efetuada com o monitoramento, controle e divulgação de pendências, além da capacitação com treinamento dos funcionários. A capacidade de tratamento de relatórios estava subdimensionada conforme a demanda de emissão de relatórios. A divulgação de dados, simplificação de relatório e o treinamento foram ações estimadas para aumentar a efetividade da emissão de RA.

Os problemas identificados como atraso na movimentação interna foram devidos à falha de comunicação e informação, além de execução de serviço não priorizado, esses correspondem a 9,52% dos atrasos do trimestre.

Os desvios foram evidenciados por meio da ferramenta *Kanban* que era utilizada de forma inadequada, como a ausência de entrada e registro da informação no sistema com reflexo no fluxo da informação. A análise das causas por entrevista de supervisores e funcionários da linha de produção demonstrou uma posição de resistência inicial a mudança de processo, pois os colaboradores demonstraram dificuldade na utilização do sistema.

Para quebrar essa resistência a mudança do processo, foi iniciada um programa de treinamento para familiarizar os colaboradores com o sistema e conscientização do uso na contribuição para o funcionamento do processo.

### **4.3. Análise do indicador no 3º trimestre**

No mês de Dezembro de 2016 a análise do indicador OTD apresentou um total de 230 serviços avaliados, destes, 218 foram realizados dentro do prazo, resultando em um desempenho de 94,78%. No primeiro mês de 2017, a análise do indicador apresentou um total de 308 serviços avaliados. Um total de 293 operações foram realizadas dentro do prazo planejado, obtendo um OTD de 95,13%, o que representa um pequeno aumento em relação ao mês anterior.

Os registros relativos ao mês de Fevereiro de 2017 demonstraram que o indicador voltou a apresentar um acréscimo considerável, saindo do estado quase estático que estava nos dois meses anteriores. A análise do indicador apresentou um total de 216 serviços avaliados. Destes, 209 foram realizados dentro do prazo, resultando num OTD de 96,76%. Esse resultado pode ser atribuído as ações de melhoria no processo de emissão de RA implantados após a avaliação do último diagrama de Pareto.

#### **4.3.1. Identificação de problemas e melhorias**

Com objetivo de continuar obtendo melhoria no resultado do indicador, foi realizado o mesmo processo para identificação de problemas dos últimos dois trimestres de acompanhamento. Foi adotada uma nova classificação dos problemas através da Árvore de Realidade Atual e um novo Digrama de Pareto foi construído para definir quais problemas deveriam ser tratados, e quais melhorias devem ser realizadas.

O Diagrama de Pareto referente ao terceiro trimestre foi a base para a observação da necessidade de melhorias. O acompanhamento de algumas atividades previamente tratadas por ações de melhorias do primeiro e segundo trimestres demonstraram efeitos de sinergia.

O primeiro problema neste trimestre foi o atraso no reparo e inspeção, com 31,25% de registros, e o segundo foi RA emitido após o vencimento ou emitido de forma incorreta, com 18,75%. Os resultados demonstram que houve uma redução destes problemas com as ações de melhoria tomadas nos períodos anteriores, porém algumas ainda não foram efetivadas de forma suficiente, tornando necessário novas ações de melhorias para gerar aumento de desempenho.

A análise detalhada de verificação dos serviços pelo sistema *Kanban* informatizado revelou que o centro de trabalho mais problemático é o de pintura. A principal causa foi atribuída à redução do efetivo de funcionários da empresa terceirizada e ao acúmulo de serviços que conseqüentemente gerou atrasos.

A redução de atrasos para esse setor foi obtida por meio da análise de planejamento de serviços com base no atual cenário do efetivo de funcionários e a revisão do tempo de espera em fila. A alternativa adotada para atender possíveis emergências prescritas em contrato foi o procedimento de enviar o item crítico para realização do serviço em um fornecedor externo para cumprimento de metas.

Para os atrasos devido à emissão de RA fora do prazo devido, alertou-se o setor responsável pela emissão dos mesmos que ainda está impactando nos atrasos, e devem ter um melhor controle no seu processo de emissão de RA, a fim de respeitar o prazo de 48 horas estipulado anteriormente. Já para os atrasos devido a recursos e serviços não previstos, a única ação tomada foi a criação de um histórico para prever futuras ocorrências destes problemas.

Os problemas diagnosticados em relação a serviços externos, por meio da análise dos relatórios de envio e recebimento de itens, demonstraram que as ocorrências de atrasos nestes casos são por motivos logísticos. Esses desvios podem ser justificados com o cliente mediante a apresentação das notas fiscais de envio e recebimento do item, que servem como forma de comprovação. Portanto, sempre que ocorrer um atraso devido à logística entre empresa e fornecedor, ficou estabelecido em procedimento à necessidade do envio da informação com a devida prova da ocorrência ao cliente para definir um novo prazo.

#### **4.4. Análise do indicador no 4º trimestre**

Os resultados da análise do indicador referente ao último trimestre de acompanhamento retratado neste capítulo se referem ao período dos meses de Março a Maio de 2017. No mês de Março, o indicador apresentou uma pequena variação negativa, que pode ser considerado como alerta de estagnação do processo de melhoria do OTD, ou seja, as ações tomadas ainda não estão apresentando os resultados esperados. A avaliação do indicador neste mês apresentou um total de 297 serviços investigados, destes, 287 foram realizados dentro do prazo, resultando em um OTD de 96,63%.

A pequena variação do indicador no referido mês pode ser entendida pelo volume de serviços concluídos, o que gerou filas maiores nos centros de trabalho com número significativo de serviços próximos do vencimento, dificultando assim a priorização de todos os serviços de forma com que não ocorra atraso.

Portanto, alguns dos atrasos são devido à indisponibilidade de mão de obra suficiente para atendimento de todos os serviços no prazo planejado.

A avaliação dos resultados para o mês de Abril de 2017 apresentou um aumento na métrica, com aproximadamente 97% de atendimento dos prazos. Os efeitos obtidos podem ser atribuídos às ações tomadas de decisão e ao acompanhamento diário decorrentes das ações e a incorporação do processo de gestão de mudança nos processos de manutenção. Além disso, outro fator de sinergia pode ser atribuído ao aumento da importância ao atendimento dos prazos por parte de todos os colaboradores, principalmente pelos funcionários que realizam o serviço na fábrica. A análise do indicador no mês em questão apresentou um total de 176 serviços avaliados, destes, 171 foram realizados dentro do prazo, resultando em um OTD de 97,16%.

A melhoria do indicador neste mês foi atribuída às ações de melhoria nos processos de emissão de RA implantados após a avaliação dos resultados dos últimos três trimestres através dos diagramas de Pareto. O processo de gestão e monitoramento da emissão dos relatórios nas reuniões diárias dos centros de trabalho também contribuiu para melhoria de desempenho.

Outro fator chave que gerou resultados positivos foi o controle diário no Centro de Trabalho de Pintura (CTP), mantendo a ordem de priorização dos serviços baseados no prazo de vencimento, com extensão de operações por meta com a realização dos serviços nos finais de semana. Os efeitos foram diretos na redução da fila do CTP e nos atrasos de entregas.

O mês de Maio foi o último mês do acompanhamento do indicador retratado neste trabalho. Para esse período houve um total de 297 serviços avaliados, destes, 290 foram realizados dentro do prazo resultando em um OTD de 97,52%.

O perfil de desempenho do OTD no 4º trimestre é apresentado na Figura 1. O resultado demonstra um aumento de aproximadamente 1% quando comparado ao final do período anterior e reflete as ações tomadas nos períodos trimestrais. A comprovação dos efeitos das ações efetuadas pode ser obtida por meio do monitoramento da variação do indicador. O perfil da curva demonstra um aumento de desempenho operacional da fábrica no setor de manutenção.

## OTD 4º Trimestre

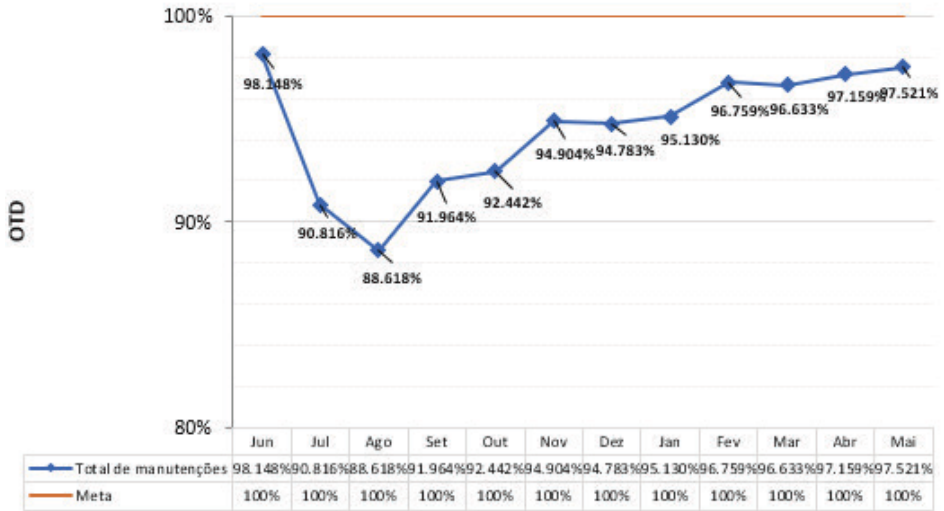


Figura 1: Gráfico OTD – 4º trimestre

### 4.4.1. Identificação de problemas e melhorias

A fim de obter um processo de gestão e controle para um período de tempo maior foram adotados os mesmos procedimentos para identificação de problemas para os trimestres anteriores. Utilizando os resultados do Digrama de Pareto referente ao 4º trimestre foram identificados quais os problemas que devem ser tratados para o próximo período, e propor novas soluções para implantação com o intuito de continuar a obter resultados positivos na melhoria do OTD.

O processo de classificação foi realizado para diagnósticos dos problemas causadores de atrasos, tendo como base as justificativas dos mesmos através da Árvore de Realidade Atual, e a partir deste foram obtidos os dados necessários para construção do Diagrama de Pareto do último trimestre retratado na pesquisa.

Após a realização do Diagrama de Pareto referente ao 4º trimestre foi verificado que as causas dos problemas estão com uma distribuição uniforme e espalhada. As ações definidas para garantia de desempenho do processo são manter e aprimorar as ações de melhoria realizadas nos períodos anteriores, principalmente com o monitoramento, controle e ação de intervenção para melhoria.

### 4.5. Análise Global de Resultados

Na avaliação de resultados para o período de 12 meses, pode ser entendido que na fase inicial não havia controle rígido de prazos e ações de acompanhamento de processos de manutenção. Os registros do OTD apresentam desempenho da ordem de 90 % como observado na Figura 1.



As ações implantadas resultaram em constante taxa de crescimento no KPI em função do tempo. No entanto, é importante destacar a redução da taxa de crescimento a partir dos meses de dezembro a janeiro, em virtude das limitações do sistema em atender as demandas e manter a melhoria de forma contínua. A partir de Fevereiro/2017 não são percebidos os pontos de picos de melhoria do OTD, o que torna cada vez menor o incremento do indicador.

O resultado obtido pode ser considerado satisfatório com as medidas propostas e implantadas, pois no período foi obtida uma variação positiva do indicador que corresponde a cerca de 9%.

#### **4.6. Resultados financeiros**

A análise do desempenho foi atribuída a um estudo simplificado da avaliação financeira com medidas das ações efetuadas e os reflexos nos contratos de prestação de serviços. O principal parâmetro avaliado foi relativo às multas contratuais de serviços.

O valor das multas definidas em contrato vigente tem o critério operacional e financeiro:

Para os serviços concluído com até 10 dias de atraso, o valor aplicado é igual a 1% do valor total do serviço ao dia, cálculo ilustrado na equação 4.

$$\text{Multa} = \text{Valordoserviço} * \text{ndediasdeatraso} * 1\% \quad (4)$$

Para serviços concluídos com mais de 10 dias de atraso, o valor aplicado é de 10% do valor total do serviço, conforme a equação 5.

$$\text{Multa} = \text{Valordoserviço} * 10\% \quad (5)$$

A memória de cálculo foi baseada considerando as variáveis das multas referentes a cada serviço concluído, do total de multas previstas para cada mês e cada tipo de problema apresentado no intervalo trimestral.

O procedimento de cálculo visa identificar quais períodos a empresa pode ter seus resultados mais afetados pelas multas correlacionadas aos tipos de problemas que geram as maiores penalidades. A análise comparativa dos dados para os períodos de acompanhamento demonstra que os mesmos não foram satisfatórios ou detectados. A razão foi a reduzida representatividade do volume de atrasos que afetaria o índice do OTD e seus impactos financeiros. Devido a essa percepção, pôde-se observar que a melhora do indicador e as melhorias realizadas contribuem apenas para o principal objetivo da empresa, que é a melhoria do indicador.

#### **4.6.1. Problemas identificados a partir da análise financeira**

A caracterização dos problemas obtidos por meio da análise de Pareto indicou os quatro problemas que representam mais de 80% do valor total de multas que a empresa pode receber. Os atrasos no reparo e inspeção contribuem com 30,52% do valor total das multas recebidas, enquanto os atrasos no processo de serviço externo por sua vez contribuem em 19,56%, os recursos e serviços não previstos são da ordem de 17,37% do total e RA emitido após o vencimento ou incorreto, representa 16,06% do valor total das multas.

#### **4.6.2. Ações de aumento de desempenho para redução de multas de contrato**

As análises para redução de multas estão associadas aos setores de reparos e inspeções. Desta forma, as ações de prevenção de perdas financeiras nesses setores estão baseadas na possibilidade do aumento do efetivo dos centros de trabalho, devido às constantes filas que apresentam frequentemente atrasos.

Os atrasos referentes aos processos de serviço externo apresentam assim valores de multas mais elevados, por serem normalmente referentes a serviços que também tem seus custos de maior valor financeiro para o cliente. As ações de mitigação empregadas para redução do problema estão pautadas em dois modos de controle. A primeira está associada à de execução de serviços em fornecedores externos, com ajuste de prazo com o cliente. A segunda ação a ser implantada é a inclusão de cláusula contratual ao fornecedor com multa para os fornecedores que não respeitarem o prazo definido em contrato.

A partir da análise dos valores dos serviços que apresentaram atraso pode ser realizado o cálculo das possíveis multas que a empresa irá receber, assim, percebe-se que as Autorizações de Serviço (AS), em alguns casos, agrupam muitos serviços para um único prazo informado.

A ação proposta para mitigar este problema consiste na subdivisão da autorização de serviço em casos que a mesma estiver englobando diversas etapas operacionais. Assim, a proposta é adotar autorizações para cada ciclo com os respectivos prazos para a manutenção considerando as fases específicas de desmontagem, reparo e inspeção, montagem e finalizando com os testes de equipamento.

Desta forma, caso ocorra um atraso em uma das etapas, não haverá interferência nas demais, e conseqüentemente o valor da sua multa também será menor, pois a multa é calculada com base no valor do serviço solicitado na AS. Assim, acredita-se que os números e os valores das multas sejam reduzidos consideravelmente, de forma a tornar a empresa competitiva.

## 5. Conclusão

A pesquisa apresentou o acompanhamento da métrica de desempenho durante o período de 12 meses para os serviços de manutenção de equipamentos submarinos com foco no OTD. Baseado no acompanhamento de melhoria dos processos da empresa, a avaliação do indicador de desempenho, de forma periódica, resultou no conjunto de informações de diagnóstico de problemas para implantação de ações de melhoria dos serviços de entregas ao cliente.

As ações propostas auxiliaram no gerenciamento do ciclo das operações de manutenção com acompanhamento de resultados gerando um balanço positivo com um aumento de aproximadamente 9% do índice de entregas. A meta proposta de atingir 98% OTD foi alcançada ao final do ano de 2017 demonstrando eficiência nas tomadas de decisões.

As ferramentas utilizadas no diagnóstico e controle de processo foram importantes instrumentos na identificação de problemas. Foram utilizadas as ferramentas Árvore de Realidade Atual e Diagrama de Pareto para classificar, identificar e priorizar os problemas geradores de atrasos, que evidenciaram ser funcionais e eficazes. A principal aplicação foi obter a classificação e priorização dos problemas a serem tratados pelos planos de ação. Deste modo, geraram processos que apresentaram melhoras significativas em relação às condições anteriores, e conseqüentemente, um indicador OTD com uma resposta de maior desempenho a cada intervalo de período de análise.

Os resultados também indicaram potenciais condições de redução de multas de contrato. A coleta de dados de multas que a empresa esteve passível de receber durante o período trabalhado, totaliza um valor da ordem 200 mil reais. As estimativas iniciais do trabalho indicaram que o acompanhamento e melhoria do OTD resultaram em uma economia de cerca de 600 mil dólares em multas, caso as mudanças propostas não fossem implantadas a partir de Junho de 2016. A gestão de métricas de desempenho nas operações do setor de Óleo e Gás pode tornar as empresas mais competitivas, principalmente na prestação serviços de manutenção de equipamentos complexos.

## Referências

CABEZA LF, Galindo E, Prieto C, Barreneche C, Fernández AI. Key performance indicators in thermal energy storage: Survey and assessment. *Renewable Energy*, 2015.

DIAS EEP. Análise de Metodologia de Melhoria de Processos: Aplicações à Indústria Automobilística. f.100, 2006. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) – Programa de Mestrado em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói.

LEÃO T. 5 Objetivos de desempenho e indicadores: O PPCP trazendo resultados para sua indústria. Blog Industrial Nomus. Disponível em: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/5-objetivos-de-desempenho-e-indicadores-o-ppcp-trazendo-resultados-para-sua-industria/>. Atualizado em 28 de agosto de 2018. Acesso em 19 de fevereiro de 2019.

MOREIRA LFS. Otimização da Manutenção em Plataformas Offshore de Exploração e Produção de Petróleo. 2013. Monografia (Graduação) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PARMENTER D. Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs. Hoboken: John Wiley& Sons, Inc., 2015.

Pedrosa O, Corrêa A. A crise do petróleo e os desafios do pré-sal. FGV Energia, 2016.

SILVA SMG. Melhoria do on time delivery na EFACEC AMT. 2011. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

SPITZER DR. Transforming performance measurement: Rethinking the way we measure and drive organizational success. New York: AMACOM, 2007.

# Importância do Plano de Ação na Implementação e Eficácia do Mapeamento de Fluxo de Valor – Estudo de Caso em Empresa de Serviços

---

*Cícero Vasconcelos Ferreira Lobo<sup>22</sup>; Roberta Dalvo Pereira da Conceição<sup>23</sup>*

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil

## 1. Introdução

A ferramenta *lean* mapeamento de fluxo de valor (MFV) preconizada por Rother e Shook vem sendo utilizada por várias organizações e empresas ao longo dos últimos anos para melhoria de seus processos. Sua eficácia já foi comprovada por pesquisadores e praticantes de diversas áreas produtivas tais como automotiva, manufatura, tecnologia da informação, assistência médica, serviços, entre outras. Em comum, as experiências de sucesso seguiram os quatro passos básicos para implementação do mapeamento de fluxo de valor, isto é, (a) definir a família de produtos/serviços onde se deseja aplicá-lo, (b) executar o mapeamento do estado atual, (c) desenhar o estado futuro e (d) definir o plano de ação e implementação do mesmo .

Na literatura atual é possível encontrar diversas pesquisas que exploram os passos “a,” “b”, “c” e “d” citados anteriormente através de estudos de casos. Esses passos estão ligados à execução do mapa propriamente dito, trata-se de colocar a mão na massa e desenhar os mapas que representam os fluxos de material e informação dos processos escolhidos para serem mapeados.

O objetivo deste trabalho é justamente detalhar a última etapa deste processo, ou seja, a definição do plano de ação e execução do mesmo. Para atingir tal

---

22 Contato: [cicerovfobo@gmail.com](mailto:cicerovfobo@gmail.com)

23 Contato: [rdalvo@gmail.com](mailto:rdalvo@gmail.com)

objetivo, a metodologia escolhida foi a de estudo de caso desenvolvido em uma empresa de serviços do setor de óleo e gás no Brasil. Para alcançar esse resultado alguns recursos metodológicos como observação participante e não participante, além da pesquisa a documentos internos da empresa foram utilizados. Uma revisão de literatura a respeito do tema é apresentada a seguir para dar sustentação ao a investigação empírica descrita neste artigo.

## 2. Referencial Teórico

O *Lean Manufacturing* (ou produção enxuta) pode ser definido como uma abordagem sistemática para identificar e eliminar perdas e desperdícios através da melhoria contínua, atingindo assim a satisfação do cliente [2, 3, 4]. De acordo com Shingo, existem sete grandes perdas a serem eliminadas, são elas perdas por superprodução, por transporte, no processamento, por produtos defeituosos, no movimento, por espera e por estoque. Liker considera ainda o desperdício intelectual a oitava perda a ser combatida. Desta forma, o objetivo principal dessa abordagem é reduzir custos e aumentar a produtividade através da eliminação de perdas na manufatura em todos os elementos do trabalho [2, 6]. Existem diversas ferramentas que auxiliam a identificação e a eliminação das perdas para implementação da produção enxuta tais como o mapeamento de fluxo de valor, PDCA, *Kaizen*, *Kanban*, 5S, SMED e padronização do trabalho [6, 8, 9, 10].

O mapeamento de fluxo de valor possibilita a identificação de desperdícios pois segue todo o caminho do produto ou serviço desde o fornecedor até o consumidor final e representa visualmente todos os fluxos de material e informação de seus processos [1, 11, 12, 13]. Como citado na introdução deste artigo, a execução do MFV passa por quatro estágios.

Rother e Shook entendem que após definir qual produto (ou serviço) e seu respectivo processo onde a ferramenta será aplicada, atinge-se a tarefa mais complexa durante a do MFV. Trata-se de executar o mapeamento do estado atual, ou seja, entender como está o estado atual do processo. Isso é crítico para o desenvolvimento dos demais estágios, sabendo que a melhoria do fluxo no estado futuro vai depender da correta execução desta etapa.

O terceiro estágio de aplicação do MFV tem como objetivo destacar as fontes de desperdício identificadas durante o mapeamento do estado atual e eliminá-las através da implementação de um fluxo de valor em um “estado futuro”, que pode tornar-se uma realidade em curto período. Desta forma, é necessário questionar se cada etapa do fluxo de valor está realmente criando valor. Assim, retrabalhos e armazenagem de produtos que não representam valor para o cliente devem ser eliminados sempre que possível [1, 14].

Por último, a etapa de elaboração do mapa em seu estado futuro gera um plano de trabalho e implementação. Este plano deve descrever como se deseja chegar ao estado futuro com um planejamento das ações que deverão ser tomadas.

O plano mostra o que precisa ser feito e quando deve ser feito, além de conter metas quantificáveis e pontos de checagem claros com prazos reais [1, 14, 15].

Diversos autores destacaram a importância de executar o plano de ação para que a eficácia da implementação do mapeamento de fluxo de valor ocorresse em seus estudos de caso. Rosa *et al.* aplicaram a ferramenta MFV em uma empresa produtora de cabos, especificamente em um processo da linha de produção de cabos para mecanismos de liberação de portas em automóveis. O principal objetivo da pesquisa foi determinar e atingir a capacidade de produção correta para atender a demanda do cliente.

Com a utilização do MFV eles conseguiram mapear o estado atual do processo, para então analisá-lo e identificar os pontos críticos e áreas de potencial melhoria. Os autores identificaram que a eficiência global dos equipamentos (OEE) para o processo era de 90%, o que corresponderia ao tempo de ciclo ideal de 6,5 segundos/peça. No entanto, durante a execução do mapa de estado atual, os autores identificaram que todas as estações de trabalho possuíam tempos de ciclo bem superior a esse. Com esse dado em mãos, eles partiram para uma análise crítica do processo com o objetivo de aumentar a eficiência do processo através da aplicação de técnicas *lean*, o que resultou em diversas propostas de melhorias para o mesmo.

Ao todo eles identificaram oito problemas e perdas na linha de montagem como por exemplo desperdícios de cabo de aço (material), transporte excessivo na linha de fornecimento, desbalanceamento nas estações de trabalho, entre outros. A eliminação desses problemas poderia de acordo com o cálculo dos autores elevar a taxa de produção atual de 350 peças/hora atual para uma taxa de 439 peças/hora ideal, ou seja, um aumento de 20,3%. Os autores não definiram um mapa de estado futuro conforme idealizado por Rother e Shook. Nessa pesquisa, eles partiram diretamente para a última fase do MFV, isto é, a definição de um plano de ação, que teve a implementação das melhorias dividida em duas fases. A primeira consistiu na atualização nos equipamentos da linha de montagem e a segunda focou na redução e eliminação de desperdícios com o uso das ferramentas *lean*. A melhoria contínua e monitoramento das ações foi realizado com a utilização da metodologia PDCA.

Como visto, os autores concentraram seus esforços na implementação do plano de ação para realizar modificações nas estações de trabalho e atingir a melhoria na produtividade desejada. Após o *upgrade* nas estações de trabalho da linha de montagem, tornando as máquinas mais eficientes eles conseguiram reduzir os tempos de ciclo de cada estação e aumentaram a taxa de produção de 350 peças/hora para 433 peças/hora, um aumento de 24%. No entanto, ainda havia muito tempo gasto com atividades que não agregavam valor ao processo sob a ótica do cliente e eles perceberam que podiam tornar o processo ainda mais eficiente. Por isso, eles trataram de eliminar os oito desperdícios identificados no mapa de estado atual e conseguiram aumentar a produtividade em 14%. A soma total das duas fases de implementação do plano de ação aumentou a produtividade do processo em 41% quando comparado ao valor inicial. Por

último Rosa *et al.* calcularam o *payback* do investimento total feito para tornar o processo mais produtivo e concluíram que isso ocorreria em 4 meses.

Indrawati *et al.* desenvolveram um modelo de plano de ação para reduzir os desperdícios na tradicional indústria de tingimentos de tecidos da Indonésia (*batik*) e melhorar a competitividade de pequenas e médias empresas inseridas neste contexto. Os autores dividiram a pesquisa em três estágios, isto é, (i) identificação dos resíduos de produção, (ii) desenvolvimento do modelo e (iii) aplicação do modelo para escolha do melhor plano de ação.

Na primeira etapa da pesquisa, Indrawati *et al.* utilizaram a ferramenta MFV para elaborar o mapa de estado atual do processo de tingimento de tecido. Esse mapa foi usado para identificar os tipos de desperdícios na produção que estavam ocorrendo nos processos típicos dessa indústria em Yogyakarta, Indonésia. Eles concluíram que a espera, o estoque excessivo e o excesso de produção eram os três principais desperdícios encontrados. Esses tempos que não agregavam valor ao processo resultavam em um *lead time* total do processo para produzir a estampa *batik* de 416,6 horas.

Em seguida, os autores utilizaram um método chamado de modelo de avaliação de resíduos para determinar qual era o maior tipo de desperdício que estava ocorrendo. Com base em seus cálculos, eles concluíram que o estoque excessivo era o desperdício mais relevante para o processo. Eles confirmaram essa informação através da matriz de resposta da cadeia de suprimentos (SCRM), além de descobrirem que a espera da produção (um dos três principais desperdícios) era devida ao alto *lead time* do inventário de matéria prima.

No terceiro estágio da pesquisa, algumas alternativas de plano de ação foram desenvolvidas para reduzir o nível de inventário da produção *batik*: (a) a melhora na precisão da previsão, (b) redução da variabilidade da demanda, (c) balanceamento da produção e (d) redução da variedade de produtos. Devido a restrições de recursos nesse tipo de indústria, os autores decidiram priorizar as possibilidades. Para isso, eles utilizaram o método de análise hierárquica de processo (AHP) com a aplicação de questionários para que pudessem entender quais as preferências de pessoas experientes envolvidas nos processos. Os critérios de benefício, tempo e nível de dificuldade foram considerados. Os cálculos consideraram a relação de consistência das respostas e definiram que o balanceamento da produção teria a maior prioridade na implementação do plano de ação, em seguida a melhora na precisão da previsão, redução de variedade de produtos e redução da variabilidade da demanda.

Os autores concluíram que essa indústria tem uma forte relação com seus fornecedores, logo, os pedidos de matéria-prima deveriam ser feitos mensalmente, e as entregas feitas a cada duas semanas. Essa modificação foi incluída no mapa de estado futuro do processo elaborado com a ferramenta MFV. Dessa forma, o inventário diminuiu em até 91% dos níveis atuais. Com isso, a produção passou a ser feita em pequenos lotes de 3 peças, com redução do *lead time* de produção. Baseado nessa melhoria, a eficiência do processo aumentou em 36%.

Como pode ser observado, Indrawati *et al.* exploraram bastante o plano de



ação nesse estudo de caso. Devido às restrições financeiras do tipo de indústria em que aplicaram a pesquisa, eles decidiram utilizar métodos matemáticos para decidirem quais ações deveriam ter prioridade para propiciar um aumento de produtividade e eficiência na produção de estampas *batik*.

Outros pesquisadores também apresentaram resultados expressivos com a utilização da ferramenta mapeamento de fluxo de valor e a correta implementação do plano de ação. Isso ocorreu em outros setores produtivos como por exemplo na produção de componentes eletrônicos, construção civil, assistência médica. Em comum, eles alcançaram melhorias na eficiência e produtividade nos processos escolhidos.

### 3. Estudo de Caso

A metodologia adotada nesse estudo foi composta de vários estágios. O primeiro estágio compreendeu a revisão de literatura composta de artigos científicos relacionados ao campo da produção enxuta e da ferramenta mapeamento de fluxo de valor apresentada anteriormente. Em seguida foi desenvolvido o estudo de caso que é apresentado nesta seção. Os recursos metodológicos utilizados foram a observação participante e não participante, além da pesquisa a documentos internos da empresa em questão. A ferramenta MFV com elaboração e implementação do plano de ação foram executadas de acordo com diretrizes propostas por Rother e Shook.

O estudo de caso apresentado neste artigo foi desenvolvido em uma empresa de serviços da cadeia de óleo e gás do Brasil. A ferramenta MFV foi aplicada em um processo de recertificação de equipamentos do tipo flowline de terceiros (REFT). O estudo ocorreu entre os meses de dezembro de 2017 e março de 2018.

O processo REFT é composto pelas seguintes etapas: identificação, desmontagem, limpeza, medição de espessura, inspeção por partículas magnéticas, montagem, teste hidrostático e cintamento. Após a aplicação do MFV e elaboração do mapa de estado atual, foi verificado que o processo possui um tempo de processamento total (lead time) de 160 minutos, com um tempo de agregação de valor de 33 minutos. Com esses dados foi possível verificar que a eficiência global do processo em seu estado atual é de 20,62%.

Para atender a demanda dos clientes que enviam seus equipamentos para passarem pelo processo REFT, o mesmo foi redesenhado em seu estado futuro com um novo lead time total de 53 minutos. O que aumentaria a eficiência global do processo para 62,26% em seu estado futuro. Para isso ocorrer, quinze desperdícios e perdas foram identificadas. Para solucioná-los, seis intervenções foram colocadas em um plano de ação (Figura 1).

Atividade		Plano de Ação - Programação										Relacionado a desperdício:		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	Modificação do Layout												* Transporte excessivo dentro do chão de fábrica com uso de empilhadeira e paletes para transportar equipamentos do cliente ao longo das etapas do processo; * Identificado o movimento excessivo por parte dos operadores no chão de fábrica para irem de encontro aos equipamentos que estão recertificando; * Com dimensionamento de área para armazenar equipamentos, há substituição da mesma em períodos de baixa demanda do processo REFT	
		1.1	Avaliação Ergonômica											
		1.2	Proposta de novo design e aproximação das operações											
		1.3	Levantamento de Custos											
		1.4	Revisão de Instruções de Trabalho											
		1.5	Operacionalizar a mudança											
		1.6	Treinar os operadores											
		2	Criação de dispositivo para teste hidrostático múltiplo											
		2.1	Proposta de novo dispositivo											
		2.2	Levantamento de custos											
		2.3	Revisão de instruções de Trabalho											
		2.4	Operacionalizar a Mudança											
		2.5	Treinar os operadores											
		3	Implementação de Supermercado											
		3.1	Orçar e Comprar materiais											
		3.2	Instalar prateleiras											
3.3	Treinar operadores													
4	Quadro de Monitoramento													
4.1	Estabelecimento de controles de recertificação diária													
4.2	Compra de quadros de monitoramento													
4.3	Instalação													
5	Implantação de SS para acessórios de teste													
5.1	Orçar e comprar materiais													
5.2	Operacionalizar SS para arrumação de acessórios													
6	Treinamentos													
6.1	Treinamentos operacionais													
6.2	Treinamento mecanismo FFO													

Figura 1. Plano de Ação para alcançar estado futuro do processo REFT. Fonte: elaboração própria.

Como pode ser observado na Figura 1, cada modificação proposta no plano de ação está relacionada a um ou mais desperdícios levantados durante a fase de mapeamento de estado atual (última coluna). O plano de ação apresenta uma previsão de desdobramento semanal, com prazos definidos.

A primeira atividade proposta é a modificação do *layout*. Com o *layout* atual, o processo REFT enfrenta muitas movimentações de seus operadores desnecessárias e o transporte excessivo dos equipamentos que passam pelo processo de recertificação. Desta forma, tempos de atividades que não agregam valor na perspectiva do cliente são acrescidos ao processo. Para resolver essa situação, o *layout* do chão de fábrica da empresa Beta deve passar a ser mais enxuto, possibilitando maior eficiência à todas etapas do processo e eliminação dos desperdícios identificados. Para isso ocorrer, as estações de trabalho devem ser remodeladas e estarem mais próximas umas às outras.

Um prazo de seis semanas para operacionalizar a mudança de *layout* foi definido. Esse prazo contempla as atividades de avaliação ergonômica, a elaboração da proposta do novo *layout*, levantamento de custos, revisão das instruções de trabalho e o treinamento de operadores.

A segunda atividade proposta no plano de ação foi a criação de dispositivo para teste hidrostático múltiplo. Esse novo dispositivo reduziria o tempo de ciclo desta etapa do processo. Os operadores do processo REFT entendem que atualmente perdem muito tempo tendo que conectar a mangueira de teste à um equipamento que está em processo de recertificação por vez. Um dispositivo de teste múltiplo vai permitir que eles executem o teste de vários equipamentos por vez.

Um prazo de cinco semanas foi definido para que se operacionalizasse essa mudança com a execução de algumas atividades como: a proposta desse novo dispositivo pelo setor de engenharia da empresa, o levantamento de custos, a revisão de instruções de trabalho e o treinamento de operadores conforme item 2 da Figura 1 apresenta.

A terceira atividade proposta no plano de ação foi a implementação de supermercado. Essa atividade visa operacionalizar a mudança do tipo de fluxo existente no estado atual entre as atividades de montagem e teste hidrostático. Com isso, os desperdícios relacionados a essas etapas do processo poderão ser enfrentados. Um prazo de cinco semanas foi estipulado para que a equipe pudesse orçar e comprar o material, instalar as prateleiras e treinar os operadores.

A quarta atividade proposta compreende a implementação do monitoramento do processo REFT. Em seu estado atual, o processo não possui um acompanhamento diário de sua produtividade e não divulga esses dados para seus operadores. Isso impossibilita que os operadores tenham real conhecimento de sua produtividade. Para resolver esse ponto levantado durante o mapeamento de estado atual, em um prazo de duas semanas, os controles de produtividade poderão ser divulgados em quadros de monitoramento instalados na área operacional.

A quinta atividade proposta no plano de ação possui grau de dificuldade de implementação baixa assim como anterior. Trata-se da implementação de um 5S para organização dos acessórios de teste hidrostático, que atualmente não facilita a execução desta etapa do processo REFT.

Com a organização possibilitada pelo 5S, as perdas de tempo de troca de acessórios relacionadas a esta etapa do processo poderão ser parcialmente eliminadas. Para tornar essa tarefa possível e operacionalizar essa arrumação dos acessórios, é necessário orçar e comprar os materiais em duas semanas conforme item 5 da Figura 1 ilustra.

A última proposta colocada no Plano de Ação se refere a treinamentos operacionais para eliminar erros operacionais que estão ocorrendo no presente conforme identificado na fase de mapeamento de estado atual. Além disso, essas duas semanas de treinamento visam colocar a equipe atualizada após todas as modificações que ocorrerão no processo REFT em seu estado futuro.

Um destaque ao mecanismo FIFO (*first-in, first-out*) deve ser feito na segunda semana, ele possibilita o fluxo contínuo em algumas etapas do processo. Essa última atividade que compreende os treinamentos está listada no item 6 da Figura 1.

## 4. Resultados

A primeira atividade proposta no plano de ação foi a modificação do layout do chão de fábrica da empresa. Em uma força-tarefa envolvendo os departamentos de engenharia, operação, compras, qualidade e segurança do trabalho (SMS) foi possível cumprir o prazo de 6 semanas para conclusão desta tarefa. O novo *layout* proposto e implementado possibilitou as seguintes melhorias: (a) as estações de trabalho foram remodeladas e passaram a estar mais próximas umas às outras; (b) as estações de trabalho foram instaladas de acordo com a sequência das etapas do processo REFT; (c) foi implementado o conceito de estação celular para executar as ações de medição de espessura, partícula magnética e montagem dos equipamentos que passam pelo processo REFT, conforme pensado em seu mapa de estado futuro; (d) o *layout* se tornou mais enxuto, em torno de 40% (900m<sup>2</sup>) da área que era antes utilizada não será mais necessária. Com isso a empresa Beta pode alugar essa área ou destinar para outros propósitos que possam ser mais rentáveis; (e) a máquina de emissão das fitas de identificação usadas na etapa de cintamento foi deslocada para junto da cabine de teste hidrostático. Dessa forma, o operador pode confeccioná-la enquanto aguarda a finalização do teste.

A segunda atividade proposta no plano de ação para tornar o mapa de estado futuro uma realidade foi a criação de um dispositivo para que a equipe operacional pudesse realizar o teste hidrostático de forma mais eficiente. A duração desta atividade foi de cinco semanas e ocorreu em paralelo junto a primeira atividade do plano de ação explanada outrora.

Para tornar a mudança possível, esta atividade contou com o apoio do setor de engenharia para (a) propor este novo dispositivo; do setor de compras para (b) levantar custos e selecionar fornecedor para fabricação do dispositivo; do setor de qualidade para (c) revisar as instruções de trabalho e incluir esta modificação; da equipe operacional para (d) instalar o novo dispositivo junto a cabine de teste hidrostático e da engenharia junto a qualidade para (e) treinar os operadores em sua utilização. Este novo dispositivo permite que até seis equipamentos sejam testados por vez. No estado atual do processo REFT esse teste era realizado um por um, fazendo com que o operador perdesse muito tempo para efetuar trocas, desconexão e conexão da mangueira de teste junto ao equipamento a ser testado.

A terceira atividade proposta no plano de ação foi a implementação de supermercado de estoque. Ela estava prevista para ocorrer durante cinco semanas. No entanto, devido a atrasos de fornecedores na entrega de material, ela foi cumprida em sete semanas. Esse atraso, no entanto, não inviabilizou o cumprimento do plano de ação, que estava previsto para ocorrer em até 10 semanas.

Nesta terceira atividade, os setores de operação, compras e qualidade da empresa se envolveram em orçar e comprar materiais necessários, instalar as prateleiras para este supermercado de estoque e treinar os operadores para tornar a mudança possível. O sistema de supermercado implantado no processo REFT visava operacionalizar a mudança do tipo de fluxo existente no estado atual entre as atividades de montagem e teste hidrostático conforme explicado na proposta do mapa de estado futuro.

Com esse sistema, a última estação de trabalho, que reúne as operações de teste hidrostático e cintamento passou a ser alimentada por um supermercado, cujo fornecedor é o processo anterior.

Desta forma, a cada cinco equipamentos processados e colocados no supermercado, o operador que estava na estação de trabalho de identificação, desmontagem e limpeza é alertado que pode seguir para a estação do teste hidrostático e cintamento para finalizar o processo REFT. Não foi necessária a utilização de cartões *kanban*, devido ao baixo número de equipamentos que vão ocupar estas prateleiras.

A quarta atividade proposta no plano de ação previa a instalação de um quadro para monitoramento da recertificação de equipamentos diária, demanda e eficiência do processo REFT. Esta ação foi a de complexidade mais baixa entre as seis executadas e envolveu apenas o departamento de compras que tratou de orçar e comprar os materiais necessários. Em seguida, a equipe operacional instalou o quadro na área operacional. A equipe de qualidade ficou responsável por alimentar os dados. A atividade foi executada em duas semanas. Com a implantação desta ação, a empresa corrigiu um erro apontado durante o mapeamento do estado atual do processo REFT, isto é, o fato dela não medir e divulgar suas métricas.

A quinta mudança proposta no plano de ação trata da implantação de um 5S para organização geral dos acessórios e dispositivos de teste. Esta ação foi

implementada em duas semanas e contou com o apoio da equipe de compras e setor operacional. Os acessórios utilizados para realizar a etapa de teste hidrostático do processo REFT não possuíam nenhum tipo de organização, ficando arrumados em prateleiras e *pallets* com um nível de identificação muito baixo. Essa desorganização fazia o operador perder muito tempo para localizá-los, aumentando o tempo de espera desta etapa conforme apontado no mapeamento de estado atual do processo REFT.

Para resolver esta situação, a equipe operacional informou ao setor de compras as características do armário tipo prateleira que deveria ser comprado, para que pudesse acomodar todos os tipos de acessórios usados durante o teste hidrostático. Em seguida, o setor de compras orçou com diversos fornecedores e executou a compra.

A última atividade do plano de ação ocorreu nas duas últimas semanas do cronograma estipulado. Essa atividade foi de extrema importância para capacitar os operadores do processo REFT a respeito de todas mudanças executadas e abordadas neste artigo. Além disso, erros e desperdícios identificados durante o mapeamento de estado atual puderam ser abordados e eliminados.

Assim, a equipe de qualidade junto ao departamento de engenharia da empresa preparou uma série de treinamentos que ocorreram ao longo de duas semanas, com 3 horas de treinamento por dia, isto é, um total de 30 horas. Dessa forma, a equipe operacional pôde se dividir entre as tarefas operacionais e os treinamentos. Esse pacote de treinamentos visou eliminar desperdícios e erros encontrados durante a fase de mapeamento do estado atual e análise crítica do processo REFT em diversas dimensões. No que diz respeito aos treinamentos sobre a produção puxada e lógica FIFO (*first-in, first-out*), a empresa Beta contratou uma empresa especializada para realizá-los.

O custo total para implementação de todas as modificações propostas no plano de ação foi de R\$11.786,00. Estima-se que o *payback* ocorreria quando o cliente enviasse o primeiro lote composto por 37 equipamentos ou mais.

Após a implementação completa de todas as modificações e melhorias apontadas anteriormente, o processo REFT apresentou uma eficiência global média de 60,37%. Esse número foi extraído através de observação não participante de doze lotes de equipamentos recebidos durante quatro meses posteriores a implementação das mudanças. Esse número foi inferior ao desejado para o estado futuro do processo, no entanto, apresentou um aumento significativo em relação aos 20,62% do processo em seu estado atual.

## 5. Conclusão

O trabalho apresentou a composição de um plano de ação contendo elementos básicos para o sucesso em sua implementação, como por exemplo a proposta de um cronograma com tarefas bem definidas, e delegação de responsabilidades para execução das mesmas. Além disso, outras ferramentas *lean* para cumprimento das tarefas delineadas no plano de ação foram utilizadas.

Nesse contexto, fica evidenciada a importância do plano de ação na implementação e eficácia do mapeamento do fluxo de valor no estudo de caso em questão. A principal limitação dessa pesquisa empírica não consiste no fato da mesma não poder ser generalizada. No entanto, outras pesquisas que destacam o desenvolvimento e implementação do plano de ação foram citadas no referencial teórico deste artigo. As implicações práticas da pesquisa estão intimamente ligadas ao processo e empresa onde o estudo foi desenvolvido, visto que permitiram a transformação do processo em seu estado atual para um estado futuro mais eficiente e produtivo.

# Referências

- ROTHER M, Shook J. Aprendendo a enxergar. São Paulo: Lean Institute Brasil; 2003.
- WOMACK J, Jones D, Ross D. A Máquina que mudou o mundo. Rio de Janeiro: Elsevier; 2004.
- KRUSE H, Peters K, Ellsworth J, Westphalen A. Lean Operations, Current Quality Culture Mini Paper; 2002.
- MARTIN J. Lean Six Sigma for Supply Chain Management. New York:Mc Graw Hill Co; 2007.
- SHINGO S. O sistema Toyota de produção, do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman; 1997.
- LIKER J. O Modelo Toyota. 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo. Porto Alegre: Bookman; 2005.
- SYARI SAS. Nair value stream analysis on a printed circuit board (PCB). International Journal of Electrical, Electronics and Computer Systems, 1, 2, 63-71; 2013.
- KUMAR BS, and Abuthakeer SS. Implementation of lean tools and techniques in an automotive industry. J. Appl. Sci., 53, 9, 1689–1699; 2013.
- RIVERA L, Chen FF. Measuring the impact of Lean tools on the cost – time investment of a product using cost – time profiles. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 23, 684–689; 2007.
- YADAV R, Shastri A, Rathore M. Increasing productivity by reducing manufacturing lead time through value stream mapping. International Journal of Mechanical and Industrial Engineering, 1, 3, 31-35; 2012.
- AZIZI A, Manoharan T. Designing a future value stream mapping to reduce lead time using SMED-a case study. Procedia Manuf., 2, 2, 153–158; 2015.
- ROHANI JM, Zahraee SM. Production Line Analysis via Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process of Color Industry. Procedia Manuf., 2, 2, 6–10; 2015.
- LOBO CVE, Calado RD, Conceição RDP. Evaluation of value stream mapping (VSM) applicability to the oil and gas chain processes. International Journal of Lean Six Sigma; 1-23; 2018. DOI:10.1108/IJLSS-05-2018-0049.
- WERKEMA C. Lean Seis Sigma: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing. 2.ed. Rio de Janeiro: Editora Werkema; 2011.
- VENKATARAMAN K, Ramnath BV, Kumar VM, Elanchezhian C. Application of Value Stream Mapping for Reduction of Cycle Time in a Machining Process. Procedia Materials Science, 6, 1187 – 1196; 2014. DOI:10.1016/j.mspro.2014.07.192.



- ROSA C, Silva FJG, Ferreira LP. Improving the quality and productivity of steel wire-rope assembly lines for the automotive industry. 27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017; 2017.
- INDRAWATI S, Khoirani AB, Shinta RC. Model Development of Lean Action Plan Selection to Reduce Production Waste in Batik Industry. 4th International Conference on Science and Technology (ICST), Yogyakarta, Indonesia; 2018.
- POTHEN LS, Ramalingam S. Applicability of value stream mapping and work sampling in an Industrial Project in India. 26th Annual Conference of the International, Chennai, India, 516–526; 2018. DOI: doi.org/10.24928/2018/0263.
- SÁNCHEZ PM, Flores JM, De La Parra PN, Arroyo JC. Mejora en el tiempo de atención al paciente en una unidad de urgencias gineco-obstétricas mediante la aplicación de Lean Manufacturing. Revista Lasallista de Investigación, 13, 2, 46-56; 2016. DOI: 10.22507/rli.v13n2a5.
- YIN RK. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2.ed. Porto Alegre : Bookman; 2001.
- VERGARA SC. Métodos de coleta de dados no campo. 1.ed. São Paulo: Editora Atlas S.A; 2009.

# Uso da Impressão 3D para Melhoria da Disponibilidade de um Equipamento

---

*Cristiane M. Hottz<sup>24</sup>, Mateus C. Amaral<sup>25</sup>, Maria Helena T. Silva<sup>26</sup>, Ana Paula B. Sobral<sup>27</sup> e Mariana N. V. Nacif<sup>28</sup>*

L3MA – Laboratório de Engenharia de Materiais, Manutenção e Meio Ambiente, Escola de Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brasil

Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brasil

## 1. Introdução

A competitividade de uma empresa está ligada a fatores como qualidade e produtividade. A função manutenção é uma das áreas que suporta e garante de forma significativa o desempenho favorável destes fatores, uma vez que impacta o processo produtivo e a qualidade percebida pelo cliente [11-12]. A indisponibilidade de um equipamento pode impactar diretamente esses fatores. Assim, a busca pela garantia da disponibilidade do equipamento se justifica pela necessidade de melhorar o faturamento e a qualidade dos produtos e serviços ofertados. A disponibilidade pode ser definida como “a probabilidade de que um sistema esteja em condição operacional no instante t.”.

Segundo Rosa, a gestão de materiais para serviços de manutenção é importante, uma vez que estes devem estar disponíveis para execução do reparo em tempo oportuno. Assim, o processo de aquisição pode impactar o desempenho da função manutenção. O tempo de espera, também conhecido como *lead time*, neste caso ocasionado pela falta de estoque, gera problemas como: redução da disponibilidade de um equipamento, comprometimento das rotinas de

---

24 E-mail do Autor Correspondente: cristianehottz@id.uff.br

25 E-mail do Autor Correspondente: mateus\_amaral@id.uff.br

26 E-mail do Autor Correspondente: maria\_helena@id.uff.br

27 E-mail do Autor Correspondente: ana\_sobral@vm.uff.br

28 E-mail do Autor Correspondente: marianasnv@id.uff.br

manutenção e redução da qualidade do serviço prestado. Este tempo pode ser ainda maior em casos de importação de materiais devido a não regularidade na chegada das peças.

Este tipo de problema é recorrente em empresas que necessitam da importação de sobressalentes para executar serviços de manutenção. No caso estudado nesta pesquisa, o problema se dá pelo demorado processo de aquisição de um item importado que compõe um equipamento de inspeções de tubos petrolíferos. Esse processo apresenta um tempo médio de reposição 80% maior do que os processos comuns de aquisição de materiais. Além disso, para manter o equipamento operante, por vezes, são realizadas adaptações que consistem no uso de suportes com diâmetro divergente do recomendado. Estas contribuem para a redução da vida útil da peça pelo desgaste irregular da superfície que é atritada pelo tubo de forma desigual.

Considerando os impactos que o atraso ou falta do item pode causar, uma alternativa pode ser a busca por peças de reposição que apresentem um menor *lead time* e, se possível, com maior vida útil e ainda com um custo inferior às tradicionais. Assim, a questão que esta pesquisa queria responder era: o uso da impressão 3D pode melhorar a disponibilidade de equipamento?

## 2. Referencial Teórico

### 2.1. Conceitos Principais

Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), segundo a Norma Brasileira (NBR) 5462, a manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.” e a falha é definida como o “término da capacidade de um item desempenhar a função requerida.”.

A análise de falhas pode ser entendida como um “exame lógico e sistemático de um item que falhou, para identificar e analisar o mecanismo, a causa e as consequências da falha.”. Sua causa pode estar relacionada às “circunstâncias relativas ao projeto, fabricação ou uso que conduzem a uma falha.”. Assim, compreender a causa da falha confere eficácia por possibilitar que a atuação seja na raiz do problema observado. Nesse contexto o papel da engenharia é fornecer aparatos que contribuam para o melhoramento da função manutenção. Suas práticas suportam tecnicamente a manutenção estabilizando os processos já definidos através da consolidação da rotina e buscando maneiras de alcançar a classe mundial por meio da constante implantação de melhorias [19-9].

### 2.1.1. Indicadores

#### TEMPO DE MANUTENÇÃO

O tempo de manutenção é definido pela ABNT NBR 5462 como o “intervalo de tempo durante o qual é executada uma ação de manutenção em um item, manual ou automaticamente, incluindo os atrasos técnicos e logísticos”. Esse tempo possibilita a apuração dos atrasos e gargalos do processo. Assim, medir e controlar esse tempo permite a visão geral da manutenção e a melhoria nas situações pertinentes.

Segundo Rosa , o tempo de substituição está essencialmente ligado às atividades realizadas para restaurar o funcionamento de um componente, enquanto que os demais tempos formam o chamado tempo de duração do reparo, sendo que a qualquer momento deste tempo de duração do reparo pode ou não ocorrer a paralisação da produção. O tempo logístico engloba os tempos de acesso, diagnóstico e espera de sobressalentes, equipamentos utilizados para testes, mão de obra e ferramental que devem ser transportados até o item a ser reparado. Enquanto que o administrativo envolve tempos para registro da falha, organização e distribuição de atividades de reparo e intervalos formais.

#### TEMPO MÉDIO PARA FALHAS (MTTF)

Segundo Viana , o Tempo Médio Para Falhas ou *Mean Time To Failures* (MTTF) é um indicador utilizado para itens não reparáveis e é dado pela relação entre o total de horas disponíveis do equipamento para a operação (HD) e o total de falhas detectadas no componente, conforme a Equação 1.

$$MTTF = \frac{HD}{n^{\circ} \text{ de falhas}} \quad (1)$$

Por considerar o número de falhas, esse indicador possibilita a verificação da qualidade do projeto desenvolvido, de fornecedores contratados e de materiais utilizados de forma a apontar para oportunidades de melhorias que contribuam para sua redução.

#### TEMPO MÉDIO PARA REPARO (MTTR)

O Tempo Médio Para Reparo ou *Mean Time To Repair* (MTTR) é o tempo médio empregado para reparar a produção, indo desde o surgimento da falha até o momento no qual a produção volta a ser operada . Este tempo é também considerado como a “esperança matemática do tempo de restabelecimento”

Esse tempo é relevante por mensurar o impacto que a intervenção exerce na produção. Viana explica que esse indicador é obtido pela divisão entre a soma das horas de indisponibilidade para operação devido à manutenção (HIM) pelo número de intervenções corretivas no período (NC), conforme a Equação 2.

$$MTTR = \frac{HIM}{NC} \quad (2)$$

### TEMPO MÉDIO ENTRE FALHAS (MTBF)

O Tempo Médio Entre Falhas ou *Mean Time Between Failures* (MTBF) é a “esperança matemática do tempo entre falhas de um item.”. Segundo Viana, é obtido pela divisão das horas disponíveis do equipamento para a operação (HD), pelo número de intervenções corretivas neste equipamento no período (NC), expresso pela Equação 3.

$$MTBF = \frac{HD}{NC} \quad (3)$$

Este indicador é importante por expressar o comportamento dos equipamentos diante da ação mantenedora. De forma que seu aumento representa a redução das intervenções e o aumento da disponibilidade com o tempo.

### DISPONIBILIDADE

A disponibilidade é a capacidade de um item estar em condições de exercer determinada função no momento em que for exigido. De acordo com Kardec e Nascif a disponibilidade pode ser categorizada como inerente, técnica ou operacional, de acordo com os indicadores considerados. Segundo Lafraia, a forma mais comum de representar a disponibilidade inerente ( $D_i$ ) é relacionando o Tempo Médio Para Reparo (MTTR) e Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), conforme expresso pela Equação 4.

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (4)$$

Viana define a disponibilidade física ( $D_f$ ), como a relação entre as horas produtivas (HP) e as horas totais do período (HG), conforme expresso pela Equação 5.

$$D_f = \frac{HP}{HG} \quad (5)$$

A disponibilidade inerente considera apenas o tempo necessário para reparar a peça, excluindo os tempos consumidos com logística e espera de sobressalentes. Por outro lado, a física, considera o tempo médio de paralisação do equipamento. Isto é, adiciona ao cálculo esses tempos para avaliar a parada como um todo o que pode relevar oportunidades de melhorias na manutenção .

## **2.2. Manufatura aditiva**

O uso emergente desse pilar da Indústria 4.0 tem afetado toda a cadeia industrial desde a concepção do material até o pós-venda . Sendo visto como capaz de revolucionar os processos produtivos e alterar as estratégias de produção aplicadas atualmente, principalmente, por sua flexibilidade para a produção em baixos lotes e versatilidade de materiais e geometrias .

O processo aditivo é automatizado e ocorre a partir de informações obtidas de uma representação computacional 3D, originada de um sistema *Computer-Aided Design* (CAD), para produzir componentes físicos a partir de vários tipos de materiais, em diferentes formas e por meio de diversos princípios, sendo um processo relativamente rápido se comparado aos meios tradicionais de fabricação .

Dentre a diversidade de tecnologias de manufatura aditiva disponíveis, Rauliano destaca que a tecnologia de modelagem por deposição de material fundido (FDM) apresenta boa resistência ao impacto e à flexão, além de dispensar o processo de pós-cura e ter baixo custo de impressão, sendo o processo adotado para fabricação do componente deste estudo.

### **2.2.1. Modelagem por deposição de material fundido (FDM)**

Na FDM filamentos de resina termoplástica aquecida são extrudados a partir de uma matriz em forma de ponta que se move num plano X-Y. A plataforma é mantida sob uma temperatura inferior à do material, de maneira que a resina termoplástica endurece rapidamente. O processo é repetido até a construção total do protótipo. As resinas termoplásticas adequadas a esse processo incluem poliéster, polipropileno, acrilonitrila butadieno estireno (ABS), elastômeros e ceras .

Por se tratar de um sistema baseado em extrusão, a FDM utiliza uma plataforma que se transporta na direção vertical, permitindo a formação de camadas individuais. A cabeça de extrusão é transportada em um sistema de plotagem que permite o movimento no plano horizontal, este deve ser coordenado com a taxa de extrusão para garantir que a deposição do material seja consistente .

Apesar de apresentar um tempo de produção e custos com material ligeiramente superior, os custos totais de produção e com maquinário da FDM são significativamente menores quando comparado a Sinterização a Laser (SL) e Estereolitografia (SLA) . Além disso, a FDM apresenta desperdício mínimo e facilidade na mudança do material utilizado pelo filamento estar disposto em um carretel .

## 3. Estudo de Caso

### 3.1. Método de Trabalho

A Figura 1 apresenta o método adotado com base no Cauchick Miguel et al. , sendo composto por oito etapas dispostas em quatro fases.

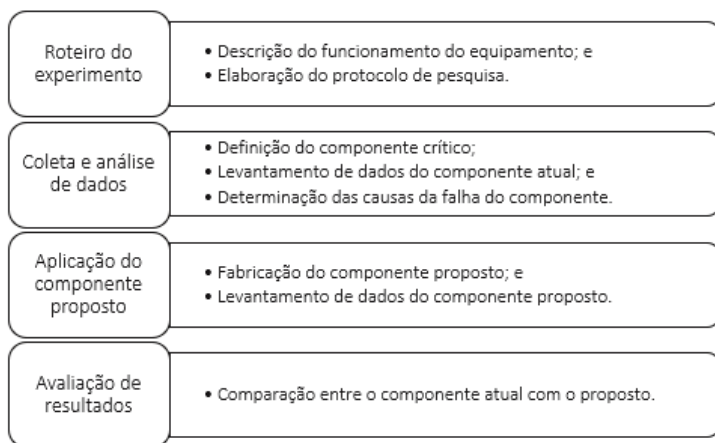


Figura 1. Método da análise da redução da indisponibilidade do equipamento.

Fonte: Adaptado de CAUCHICK MIGUEL et al. [3]

Figura 1. Método da análise da redução da indisponibilidade do equipamento.

Fonte: Adaptado de CAUCHICK MIGUEL et al.

### 3.2 Implementação

#### 3.2.1 Roteiro do Experimento

O equipamento deste estudo é composto por um sistema computadorizado, um painel de operações, padrões de calibração (com diâmetros que podem variar de 2 3/8” a 7 5/8”, totalizando ao todo cinco tipos de padrões), transportadores com suportes ajustáveis e uma secção central multifuncional que conta com as seguintes funções: inspeção longitudinal, inspeção transversal, monitoramento de parede e comparador de grau. Entretanto este projeto teve seu foco na função de inspeção transversal de tubos, devido à escolha da peça denominada de sapata transversal.

A inspeção transversal utiliza sensores que emitem um campo eletromagnético, realizam medições e convertem em sinais alicerçados em amplitudes, possibilitando a detecção de trincas na superfície dos tubos. O método de ensaio não destrutivo de partículas magnéticas tem como base o princípio de fuga de fluxo magnético. Neste tipo de ensaio, ao medir o fluxo magnético que sai do material

magnetizado é possível detectar a presença de descontinuidades através de elementos sensores como semicondutores de efeito Hall .

O equipamento funciona da seguinte forma: o operador define o padrão a ser utilizado com base no diâmetro do tubo a ser ensaiado; posiciona o cabeçote composto pelo conjunto de sapatas no equipamento; posiciona o tubo; configura o painel de comando, definindo os parâmetros ajustáveis como pressão; aciona o painel de operações e, com isso, a inspeção se inicia. A Figura 2 apresenta resumidamente o processo de inspeção transversal, descrevendo o funcionamento do ensaio não destrutivo.

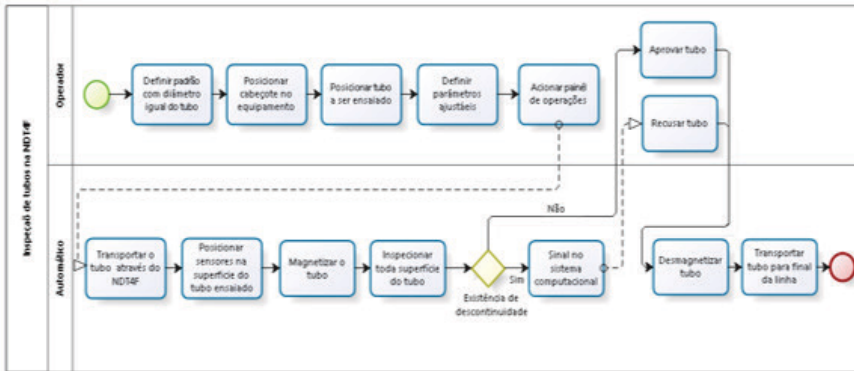


Figura 2. Mapeamento do processo de inspeção transversal.

Fonte: elaboração própria.

Conforme apresentado no processo, antes de iniciar a inspeção o operador deve calibrar o sistema em um padrão compatível com o diâmetro do tubo a ser ensaiado. O cabeçote acoplado ao equipamento é composto por um conjunto de oito sapatas que contemplam toda superfície do tubo. Por esse motivo, a compatibilidade entre os diâmetros do tubo e do padrão é essencial para garantir que toda extensão do tubo seja devidamente inspecionada.

A configuração do painel de operações é uma etapa relevante. Dos parâmetros ajustáveis da máquina, o principal é a pressão em que os sensores serão fechados contra o tubo. Este deve ser ajustado de forma que as sapatas fiquem aderentes à superfície do tubo, mas sem sofrer fortes golpes a ponto de danificar o componente devido à pressão excessiva. Ao acionar o painel, o tubo é carregado automaticamente através de transportadores que se movem pela seção central do equipamento até passar pelo cabeçote de detecção transversal. Após o ensaio, o tubo é automaticamente transportado pelo leito de rolos de saída. Os dados são exibidos no painel de controle e ficam disponíveis para salvamento.

O componente atualmente utilizado apresenta um tempo de ressuprimento maior do que a média de 45 dias dos demais sobressalentes da planta, o que pode reduzir significativamente a disponibilidade do equipamento. De forma que se tornou pertinente buscar soluções que reduzissem esse *lead time* e que possuísem custos adequados. Neste âmbito, o uso de outros métodos



de fabricação de componentes como a impressão 3D se demonstrou como uma oportunidade de aumentar a disponibilidade do equipamento. Para isso, deve-se testar o componente proposto para se comparar com o tradicional.

Para implementação do projeto foi definido um protocolo de pesquisa para se manter um padrão de execução. O projeto contou com três visitas ao chão de fábrica, todas acompanhadas pelo inspetor responsável. A primeira teve como objetivo principal compreender o funcionamento do equipamento e das funções que este exerce. As demais visitas foram para a realização do teste do componente fabricado por impressão 3D.

Neste teste, as peças foram medidas antes e depois de seu início com um micrômetro, equipamento utilizado para conferir o desgaste superficial do material até que este chegasse ao limite pré-estabelecido – quando o sensor ficasse exposto. A fim de reduzir a variabilidade desse processo, as medições foram feitas pela mesma pessoa e nos mesmos pontos.

Além disso, ficou acordado que no teste do componente proposto a pressão de fechamento da peça em torno do tubo seria mantida em 45 psi e o número de tubos ensaiados seriam contados para verificar quanto o material suportaria até que sua superfície fosse desgastada.

### **3.2.2 Coleta e Análise de Dados**

A fim de verificar se a equipe de manutenção pressupôs corretamente que a sapata transversal seria o componente com maior índice quebra do equipamento, os dados provenientes do apontamento da produção foram coletados e os tempos produtivo, logístico e de quebras do equipamento, foram extraídos. O tempo produtivo é o intervalo em que a máquina esteve operando; o logístico é o tempo em que o equipamento ficou parado aguardando a movimentação da peça do estoque para o equipamento. E o tempo de quebras é o intervalo em que a máquina ficou parada para realização de reparos.

O Gráfico 1 apresenta o comparativo de percentual de tempo produtivo e indisponível do equipamento ao longo do período analisado. Sabendo que o tempo indisponível é composto pelos tempos de quebra e logístico, pode ser observado que este tempo veio crescendo percentualmente passando de 26% do total para 34%.

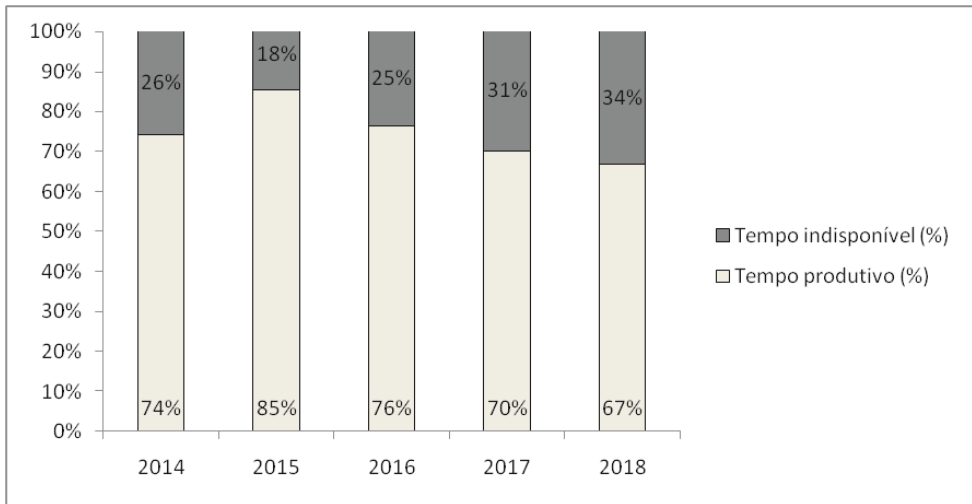


Gráfico 1. Percentual de tempo produtivo e indisponível do equipamento.

Fonte: elaboração própria.

Para compreender de forma prática o impacto da falha do componente no funcionamento do equipamento foram levantados seus tempos de quebra bem como os tempos devido à falha no componente. O método de priorização de Pareto foi adotado para representar graficamente essa frequência de ocorrência de falhas. Conforme o Gráfico 2, pode-se observar que os tempos de falha referentes ao suporte do sensor apresentam a maior incidência, chegando a representar 50% do total de tempo de falhas do equipamento.

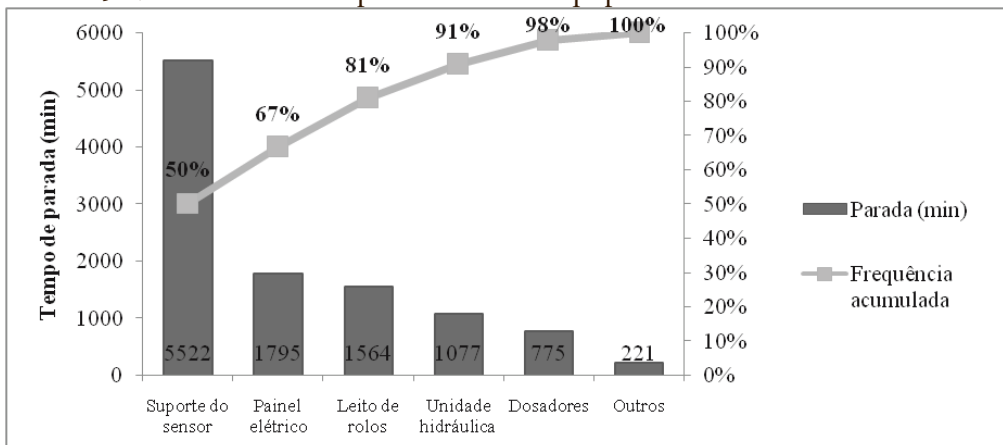


Gráfico 2. Análise de Pareto das principais causas de falhas do equipamento.

Fonte: elaboração própria.

Além de apresentar o maior tempo de falhas, decidiu-se avaliar também a quantidade de quebras da máquina. Pode-se observar que as referentes ao suporte do sensor também apresentam a maior ocorrência, chegando a representar 57 % da quantidade de falhas totais do equipamento.

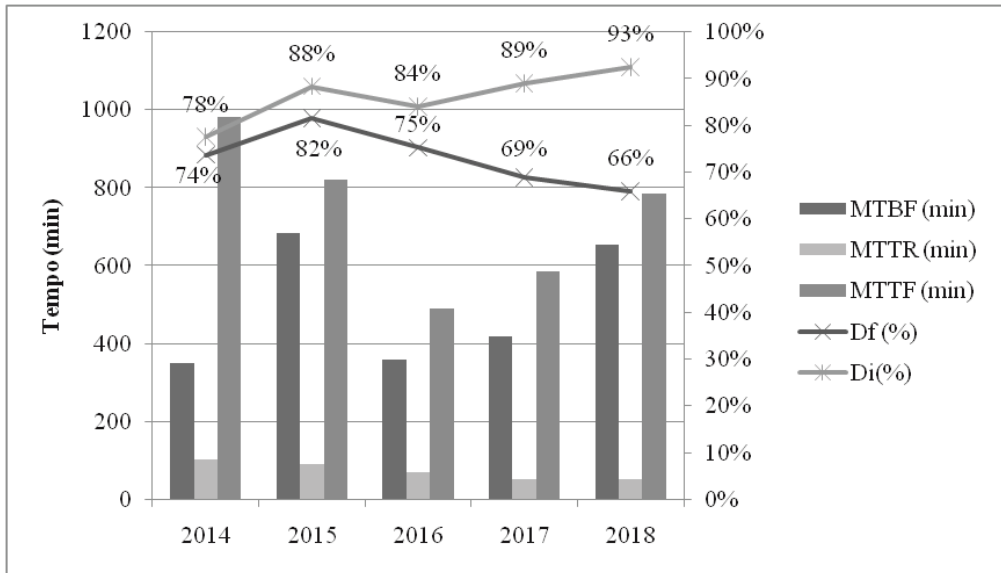


Gráfico 3. Índices de disponibilidade do equipamento.

Fonte: elaboração própria.

Outras fontes de dados utilizadas neste projeto foram o Sistema Integrado de Gestão (SAP) e a planilha de controle de aquisição de materiais. Estas foram adotadas para coletar informações referentes aos pedidos do componente tradicional como *lead time* de aquisição. Pode ser observado que o *lead time* do componente é relevante o que pode impactar diretamente na disponibilidade do equipamento, caso ocorra a falta do sobressalente. Além disso, por se tratar de um processo de importação, a aquisição desse componente se apresenta irregular, apresentando picos de 113 dias e 349 dias, ou seja, tendo um desvio padrão de 93 e uma média de 213 dias.

A média do custo de aquisição de um conjunto do componente é de 191 dólares, considerando um valor de R\$ 4,13 do dólar (DOLAR Comercial, 2018), representando um custo unitário de 790 reais. Assim, em média, se gasta seis mil reais com um conjunto de oito peças e sabendo que existem cinco diâmetros diferentes, o valor total gasto para se ter ao menos um conjunto de cada diâmetro de sapata é de R\$ 31.639,10. Neste caso, pode ser observado que o conjunto tem um valor significativo de aquisição e que é importante evitar desperdícios.

Para se atuar de forma efetiva e melhorar a disponibilidade do equipamento, o grupo de trabalho - composto pelo inspetor do equipamento, pelo supervisor de manutenção e pela pesquisadora - decidiu investigar a fundo as possíveis cau-

sas da falha do suporte do sensor, também conhecida como sapata transversal.

As causas da falha foram levantadas com base no apontamento de parada do equipamento que é lançado pelo operador no sistema interno com a descrição da causa da falha e o tempo decorrido até que o reparo seja finalizado. Avaliando as principais causas relacionadas constatou-se que a quebra pelo desgaste exibe a maior frequência, sendo responsável por 75% do tempo de parada do equipamento. Com relação à quantidade de quebras, o Gráfico 4 ilustra a frequência de falhas devido à falha específica chegando a representar 82% da quantidade de falhas do equipamento.

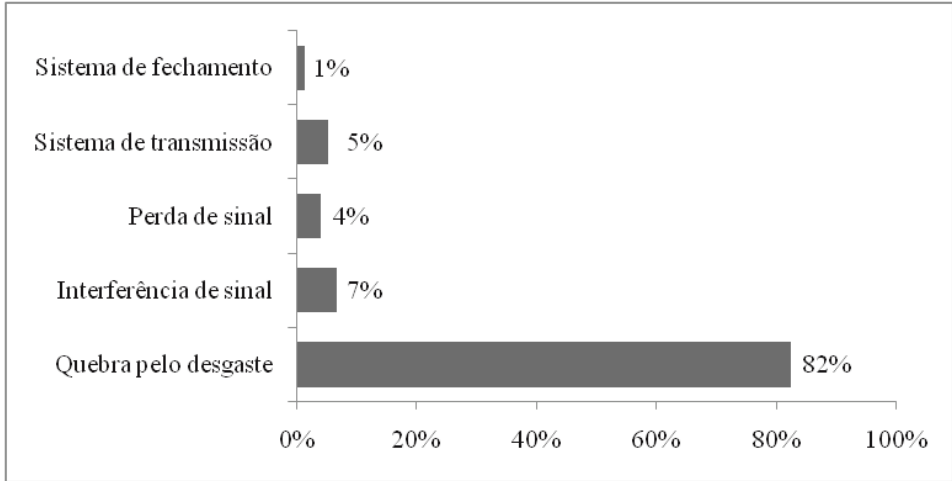


Gráfico 4. Ocorrência das causas das falhas. Fonte: elaboração própria.

A Figura 3 apresenta o Diagrama de Ishikawa construído pela equipe para aprofundar a compreensão das possíveis causas da falha do componente tradicional, dentro das categorias: mão de obra, meio ambiente, materiais, máquinas, medição e métodos.

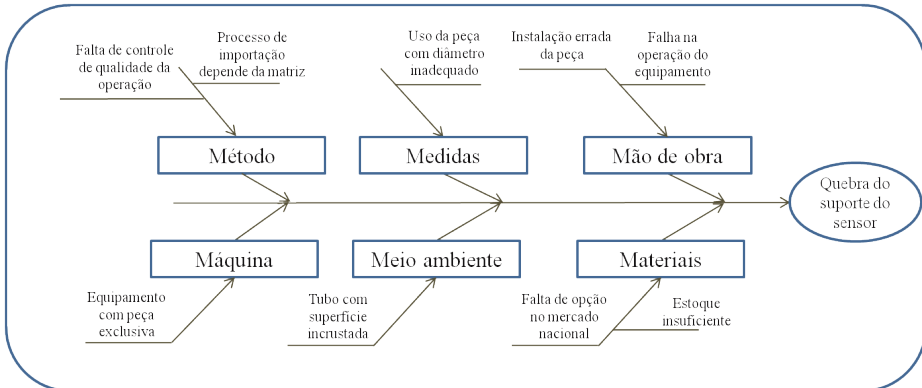


Figura 3. Diagrama de Ishikawa. Fonte: elaboração própria.

Por meio dessa ferramenta levantaram-se diversas causas que contribuem com o problema analisado. Entretanto para se chegar ao entendimento da causa raiz da quebra do componente, o grupo optou por complementar a análise utilizando a técnica dos cinco porquês:

1. Por que o componente quebra?

Porque chegou ao fim da vida útil ou porque foi utilizado de maneira inadequada (diâmetro divergente do tubo).

2. Por que o componente é utilizado de forma inadequada?

Porque falta sobressalente no estoque.

3. Por que falta sobressalente no estoque?

Porque o processo de aquisição é burocrático e lento, comparado aos demais materiais adquiridos. Além disso, o custo do conjunto é significativo.

4. Por que o processo de aquisição é burocrático e demorado?

Porque o material é importado pela matriz. Além do tempo para colocar o pedido depender de outra equipe, ainda tem o tempo consumido pela fiscalização.

5. Por que o material é importado pela matriz?

Porque não existe alternativas disponíveis no mercado nacional.

Por meio do método dos cinco porquês avaliou-se como causa raiz a inexistência de opções no mercado nacional para o componente em questão. De modo que, seria necessário buscar alternativas para fabricar o material. Dentre os diversos processos de fabricação existentes, aspectos como disponibilidade de material, facilidade e flexibilidade de fabricação, custo e inovação foram considerados para determinar qual processo seria o mais adequado. Assim, chegou-se a conclusão de que, devido à facilidade de fabricação, custo acessível, grau de inovação e, principalmente, flexibilidade de fabricar o componente da maneira desejada, uma solução possível seria adotar o processo de manufatura aditiva por meio da impressão 3D do componente.

### **3.2.3 Aplicação do Componente Proposto**

A partir da definição de que o processo de fabricação do componente seria a impressão 3D, o próximo passo foi definir o material utilizado. Dentre os aptos para utilização estavam ligas metálicas ou polímeros resistentes. Entretanto apesar dos metais apresentarem uma resistência superior aos polímeros, o processo de Sinterização Seletiva a Laser (SLS) utilizado para imprimir peças metálicas é, em geral, mais oneroso e complexo do que o processo de Modelagem por Deposição de Material Fundido (FDM) que imprime peça de polímero com resistência aceitável à necessidade do projeto. De modo que a empresa decidiu adotar a impressão de materiais poliméricos.

Dentre os polímeros mais utilizados na indústria Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) e Politereftalato de Etileno, modificado com *Glycol* (PETG). Para que o componente desempenhasse adequadamente sua função de suportar o

sensor eletromagnético definiu-se, com base nas propriedades do material original de latão, que as propriedades deveriam ser de tenacidade superior a  $1 \text{ kJ/m}^2$  e resistência a tensão acima de 10 MPa. De modo que o ABS foi selecionado por apresentar um custo benefício mais adequado para essa fase de testes iniciais.

Como a fabricação do componente seria terceirizada, foi necessário desenvolver uma modelagem da peça. Para isso o software *Solidworks* foi adotado. Como o objetivo principal era comparar o componente proposto com o tradicional, as dimensões e geometria da peça bem como a posição da secção que abriga o sensor foram mantidas conforme o original. A peça foi produzida sob encomenda com um preenchimento de 40%.

Para verificar a durabilidade do componente proposto foi necessário testar a peça no equipamento, onde se constatou que a peça suporta em média 400 passadas de tubos, o que equivale a seis vezes menos que o tradicional. Assim, cabe destacar a relevância de se realizar futuramente mais testes com o componente para averiguar seu comportamento. Entretanto, este teste pontual, oferece um parâmetro para se comparar o desempenho e durabilidade da peça proposta com relação à convencional. Com relação ao processo de aquisição do material proposto, a média de tempo foi de 18 dias. Enquanto que a média de custo de um conjunto foi de R\$ 612,00.

#### **3.2.4. Avaliação de resultados**

Esta etapa teve como premissa a análise crítica da proposta de substituição do componente, com objetivo de averiguar se os requisitos foram atendidos e verificar se a troca da peça apresenta o potencial para melhorar a disponibilidade do equipamento.

Os componentes foram comparados em termos dos custos e *lead time* de reposição da peça. Além disso, os componentes foram comparados em termos da durabilidade do componente tradicional, com base nos dados históricos, e na estimativa do proposto, com base nos resultados obtidos nos testes realizados com a peça. Em termos de custos, o componente proposto apresenta um valor 10 vezes menor do que o tradicional, porém com durabilidade 6 vezes menor. Assim, a substituição do componente representa uma redução de 90% da média de custo do material.

Com base nos dados históricos e nas informações transmitidas pelo inspetor do equipamento, o componente tradicional tem uma duração de 2400 passadas de tubos, o que equivale a aproximadamente 6 meses. Após a realização do teste do componente impresso, constatou-se que este se desgastou mais rápido do que o tradicional, suportando a 400 passadas, o que equivale a um mês de funcionamento. Sendo assim, a vida útil do componente proposto é maior que seu *lead time* o que reduz a chance de indisponibilidade por falta de sobressalente. Enquanto que a peça tradicional apresenta uma vida útil inferior ao seu *lead time* médio.

Considerando o valor do conjunto e a necessidade de se trocar duas vezes ao ano, o valor imobilizado devido ao estoque da peça tradicional é da ordem de

63 mil reais. Enquanto que o custo médio anual do sobressalente proposto seria da ordem de 36 mil reais, considerando a troca mensal. Comparativamente, se o custo disponível fosse mantido os conjuntos do componente proposto poderiam ser trocados até vinte (20) vezes ao ano, em termos de custo sendo viável a sua aplicação.

Também foram comparados os dados relativos ao *lead time*. Vale ressaltar que para calcular essas médias os dados foram verificados a fim de atestar que esta não seria enviesada devido à presença de *outliers* no cálculo. Assim, como todos os dados estavam dentro dos limites inferiores e superiores estabelecidos, as médias puderam ser utilizadas na análise dos dados. Avaliando o histórico de pedidos realizados verificou-se que o componente tradicional demora, em média, 213 dias para ser entregue. Enquanto que o proposto demorou em torno de 18 dias, representando uma redução de 92% da média de tempo de entrega do material.

A adoção da manufatura aditiva pode ser uma opção que possibilitaria um processo de aquisição independente da empresa matriz, já que não seria mais necessário realizar a importação do componente. Sendo, portanto, um processo menos burocrático e mais ágil. Além disso, a redução do *lead time*, também significa que, em casos extremos de quebras que ocasionem a falta do sobressalente, o lucro cessante seria menor. Uma vez que o equipamento ficaria menos tempo sem produzir. Outra vantagem seria que duração do componente proposto é maior que o seu *lead time*, o que acarreta em mais segurança para a operação.

Além disso, considerando um cenário em que se ocorresse a falta do sobressalente, o *lead time* de ressuprimento impactaria a disponibilidade física do componente tradicional. Neste cenário, haveria uma redução de 70% de seu valor inicial, passando de 73% para 3%. Isso porque em seu tempo médio de paralisações seria adicionado o *lead time* médio de 306720 minutos (213 dias).

Para estimativa do tempo de quebras do componente proposto foi considerado o tempo médio de manutenção corretiva de 10 minutos, fornecido pelo setor responsável. Ainda comparando os componentes em termos de tempo médio de paralisação, foi possível verificar que a substituição da peça reduziria em 90,3% o tempo indisponível, caso houvesse a falta do sobressalente, conforme apresentado pelo Gráfico 5.

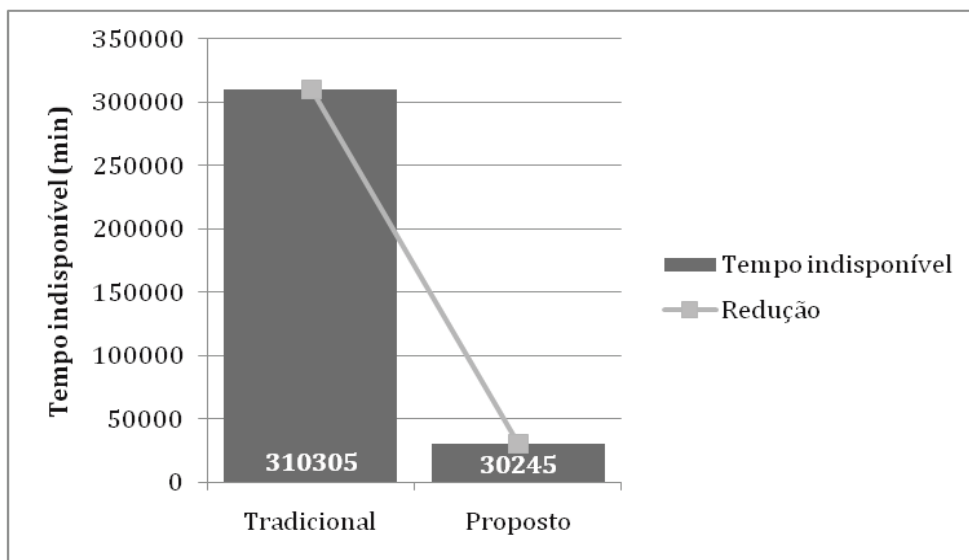


Gráfico 5. Tempo médio de indisponibilidade dos componentes.

Fonte: elaboração própria.

De forma que foi possível observar que a proposta de substituir o componente tradicional pelo proposto apresenta o potencial de reduzir de forma considerável o tempo de espera do sobressalente. E que a redução desse tempo contribui, no limite, com a melhoria da disponibilidade física do equipamento.

## 4. Conclusão

Com base no estudo realizado e na análise dos dados coletados concluiu-se que a substituição do componente contribui qualitativamente com o aumento da disponibilidade do equipamento, porque a mudança da peça promove uma redução considerável do lead time e do custo de aquisição. Outro benefício com a substituição seria a redução da chance de falta do componente no estoque da empresa, já que o processo de reposição de peças seria simplificado. Além disso, haveria melhoria na manutenção devido à qualidade do ensaio realizado ser assegurada, uma vez que seria garantido o uso do componente com o diâmetro adequado.

A partir da coleta de dados, foi elaborado o diagrama de Pareto, onde se constatou que o componente crítico era a sapata transversal, representando 57% das falhas do equipamento. E a maior causa da falha do componente era devido ao desgaste, representando 82% das quebras.

Em termos de disponibilidade, foram calculadas a física e inerente do componente tradicional, obtendo-se uma média de 73% e 86%, respectivamente, sendo esses valores inferiores aos considerados ideais de 90% e 97%, respecti-



vamente. A disponibilidade física é inferior à inerente, pois considera outros tempos de paralisação do equipamento, revelando outros pontos possíveis de melhorias na manutenção. O MTBF médio do período foi estimado em 493 minutos, apresentando um aumento nos últimos dois anos. Enquanto que o MTTR médio foi estimado em 72 minutos, apresentando uma redução ao longo do período, o que indica uma melhora na atuação da equipe no reparo do equipamento. O MTTF médio estimado do componente foi de 732 minutos, apresentando um crescimento nos dois últimos anos, o que pode ter sido influenciado pela redução do tempo produtivo ao longo dos anos.

Tendo como proposta a utilização da manufatura aditiva para fabricar nacionalmente a peça, utilizou-se da seleção de materiais para definir qual seria o mais adequado, dentre os disponíveis. Por uma decisão empresarial optou-se pelo uso de material polimérico, mas seria possível adotar outros materiais ou até mesmo outros processos de fabricação para substituir a peça convencional.

Ao comparar o processo de aquisição dos componentes, foi verificado que o lead time teve uma redução de 92% e o custo de 90%, do tradicional em relação ao proposto. Além disso, se essa mudança tivesse ocorrido no início de 2014 o valor estimado economizado seria de aproximadamente 25 mil reais. Quanto ao tempo de indisponibilidade, caso ocorresse a falta do sobressalente a diferença do tempo médio de paralisação seria de 90,3%.

# Referências

- ABENDI. Guia de END e inspeção. São Paulo, 2014. (Apostila). Disponível em: <[http://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/guia\\_de\\_end\\_abendi\\_baixa.pdf](http://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/guia_de_end_abendi_baixa.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2018.
- ABNT. NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.
- Cauchick Miguel, P. A. et al. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, ABEPRO, 2012.
- CNI Digital. Série Pilares da Indústria 4.0: Manufatura Aditiva. Disponível em: <<http://www.cnidigital.org/artigo/se-rie-pilares-da-indu-stria-4-0-parte-8-de-9-manufatura-aditiva>>. Acesso em: 7 abr. 2018.
- Dolar Comercial 2018 - Índices econômicos. Ideal Software, [s.L.], [s.d.]. Disponível em: <<http://www.idealsoftwares.com.br/indices/dolar2018.html>>. Acesso em: 03 set. 2018.
- GIBSON, I.; Rosen, D. W.; Stucker, B. Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. Nova Iorque: Springer US, 2010. Disponível em: <[http://library1.org/\\_ads/1D2DB3B19F9562F7DF40AB3BE20CC428](http://library1.org/_ads/1D2DB3B19F9562F7DF40AB3BE20CC428)>. Acesso em: 08 mai. 2018.
- GORNI, A. A. Introdução à Prototipagem Rápida e seus Processos. Revista Plástico Industrial, [S.l.], p. 230–239, mar. 2001. Disponível em: <<http://www.gorni.eng.br/protrap.html>>. Acesso em: 01 mai. 2018.
- HOPKINSON, N.; Dicknes, P. Analysis of rapid manufacturing using layer manufacturing processes for production. Journal of Mechanical Engineering Science, [S.l.], v. 217, n. 1, p. 31–39, 2003. Disponível em: <<http://pic.sagepub.com/content/217/1/31.full.pdf+html>>. Acesso em: 01 mai. 2018.
- KARDEC, A.; Nascif, J. Manutenção: Função Estratégica. 3 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- LAFRAIA, J. R. B. Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- MARINO, L. H. F. Gestão da qualidade e gestão do conhecimento: fatores-chave para produtividade e competitividade empresarial. In: SIMPEP, 13., 2006, Bauru. Anais..., Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2006. p. 1-9. Disponível em: <[http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/598.pdf](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/598.pdf)>. Acesso em: 23 jun. 2018.
- RAMOS, P. G. D. Organização e Gestão da Manutenção Industrial: Aplicação Teórico-prática às Fabricas Lusitana – Produtos Alimentares, S.A. 2016. 79 f., Tese (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Universidade da Beira Interior, Covilhã. Disponível em: <[https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/2439/1/Tese\\_PedroRamos\\_](https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/2439/1/Tese_PedroRamos_)

M3905.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2018.

- RAULINO, B. R. Manufatura Aditiva: desenvolvimento de uma máquina de prototipagem rápida baseada na tecnologia FDM (Modelagem por Fusão e Deposição). 2011, 142 f., Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecatrônica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: <<http://bdm.unb.br/handle/10483/15472>>. Acesso em: 01 mai. 2018.
- RODA, D. T. Impressoras 3D: Como funcionam. Tudo sobre plásticos, 2018. Disponível em: <<http://www.tudosobreplasticos.com/processo/impressao3D.asp>>. il. color. Acesso em: 12 dez. 2018.
- RODRIGUES, V. P. et al. Manufatura aditiva: estado da arte e framework de aplicações. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, v. 12, n. 3, p. 1–34, jul./set. 2017. Disponível em: <<http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/1657>>. Acesso em: 30 mar. 2018.
- ROSA, E. B. Indicadores de desempenho e sistema ABC: o uso de indicadores para uma gestão eficaz do custeio e das atividades de manutenção. 2006. 530 f., Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-05092006-124335/pt-br.php>>. Acesso em: 22 jun. 2018.
- SEALY, W. Additive Manufacturing As a Disruptive Technology: How To Avoid the Pitfall. American Journal of Engineering and Technology Research, [S.l.], v. 12, n. 1, p. 86–93, 2012. Disponível em: <<http://www.ajetr.org/vol12/no1/vol12no110.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2018.
- SLACK, N.; Chambers, S.; Johnston, R. Administração da produção. São Paulo: Atlas, 2002.
- VIANA, H. R. PCM planejamento e controle da manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- VOLPATO, N. et al. Manufatura aditiva: Tecnologias e aplicações da impressão 3D. São Paulo: Blusher, 2017.

# A ferramenta ABC/XYZ aplicado na Gestão do Estoque de Manutenção de uma Empresa Operadora do Setor de Óleo e Gás

---

*Mariana N. V. Nacif<sup>29</sup>, Cristiane M. Hottz<sup>30</sup>, Mateus C. Amaral<sup>31</sup>, Flavio S. Machado<sup>32</sup>, Vanessa End de Oliveira<sup>33</sup>*

L3MA - Laboratório de Engenharia de Materiais, Manutenção e Meio Ambiente,  
Escola de Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense (UFF),  
Rio das Ostras,  
Rio de Janeiro, Brasil

## 1. Introdução

Foi realizado, entre 1999 e 2001, um estudo americano sobre estratégias preventivas e custos de corrosão, onde se estimou que o custo anual total da corrosão nos EUA é de US\$ 260 bilhões, que equivale a 3,1 % do PIB do país . Caso essas estimativas fossem aplicadas ao Brasil, considerando-se o ano de 2017, o valor com as perdas seria de aproximadamente US\$ 15,7 bilhões. No Brasil essas perdas poderiam ser reduzidas em cerca de US\$ 5 bilhões se fossem adotadas medidas preventivas contra esse tipo de degradação.

Segundo Cattini os custos ligados à deterioração e indisponibilidade dos equipamentos podem ser consequência de manutenção ineficiente; assim, aliar manutenção e boas práticas de armazenagem é fundamental para garantir a integridade física dos estoques . Ainda de acordo com Fontes “uma armazenagem

---

29 E-mail do Autor Correspondente: marianasnv@id.uff.br

30 E-mail do Autor Correspondente: cristiane.hottz@id.uff.br

31 E-mail do Autor Correspondente: mateus\_amaral@id.uff.br

32 E-mail do Autor Correspondente: flavio1964@hotmail.com

33 E-mail do Autor Correspondente: vanessaend@id.uff.br

eficaz necessariamente tem que garantir que enquanto o material estiver guardado, tecnicamente falando armazenado, a gestão deve garantir sua integridade física”.

Armazenar os materiais sem cuidado, em espaços superlotados e realizar um manuseio inadequado pode gerar acidentes de trabalho e também contribuir para a perda do material, o que acarreta desperdícios. Portanto, o estoque de manutenção de uma operadora de serviços é responsável por suprir as necessidades e auxiliar na eficiência e eficácia das operações. Deste modo, a qualidade nos processos de armazenagem e manutenção dos estoques é importante para alcançar melhorias e evitar desperdícios.

Na empresa analisada neste estudo, os materiais são armazenados em larga escala, por um longo período de tempo ou até nunca utilizados em sua grande maioria. No caso do setor de equipamentos de perfuração, esta conduta, explica-se pelo fato das dificuldades e incertezas associadas ao processo de perfuração de poços, visto que, durante a realização dessas operações podem ocorrer falhas nos equipamentos, sendo necessário que haja um item sobressalente em estoque para substituição imediata. Porém, ocorre algumas vezes de o sobressalente requisitado ser encontrado no estoque deteriorado, o que pode até acarretar em uma parada na produção. Dessa forma, o principal foco desse estudo seria como reduzir as perdas recorrentes dos materiais estocados.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1 Estoques

Tradicionalmente, estoque pode ser definido como sendo o somatório de matérias-primas, produtos semiacabados, componentes para montagem, produtos acabados, materiais administrativos e suprimentos variados. Em uma visão mais abrangente, os estoques são definidos como materiais, mercadorias ou produtos acumulados para posterior utilização, de modo a dar continuidade nas atividades operacionais, atender regularmente as necessidades dos usuários e também servir de reserva para ser utilizado imediatamente quando solicitado .

A manutenção dos estoques é imprescindível, visto que o *lead time* dos itens nem sempre é acurado ; assim, pode-se perceber a vital importância do papel desempenhado por este setor dentro da empresa, sendo necessária uma gestão eficaz, de modo a agregar vantagem competitiva à organização .

De acordo com Slack *et al* a gestão de estoque originou-se na função de compras em empresas que compreenderam a importância de integrar o fluxo de materiais às funções de suporte, tanto por meio do negócio, como do fornecimento aos clientes internos. Isso inclui também a função de acompanhamento, gestão de armazenagem, planejamento, controle da produção e gestão da distribuição física.

Porém, quando existe uma gestão de estoque errônea, ou equivocada, as sobras de material geram consequências significativas, tais como, maiores custos de armazenagem devido à alocação de espaço, desvalorização do estoque e obsolescência; além disso, o capital de giro fica estagnado o que acarreta na indisponibilidade financeira para outros investimentos .

Em contrapartida, existem também vantagens em relação à gestão dos estoques, quando esta é feita de maneira correta. Segundo Ballou os serviços de atendimento ao consumidor são melhorados expressivamente, as diferenças e incertezas entre a demanda e o suprimento são amenizadas, a organização consegue alcançar uma economia de escala nas compras, e, além disso, os estoques oferecem uma proteção contra aumento de preços e contingências.

### **2.1.1 Classificação ABC**

A classificação ABC utilizada no planejamento de estoques, também designada Curva de Pareto, baseia-se na razão de que a maior parte do capital investido em materiais está concentrada em um pequeno número de itens. Esse tipo de classificação divide os estoques em três classes de acordo com sua quantidade ou valor monetário:

- Classe A: a que possui a menor quantidade de itens, de 15 a 20 % do total, os quais são responsáveis pela maior parte, aproximadamente 80 % do valor monetário dos estoques. São itens que merecem atenção por conta do seu grande valor monetário; o número de materiais na classe A é pequeno, porém seu peso no investimento em estoques é significativo.
- Classe B: possui uma quantidade mediana de itens, 35 a 40 % do total, representam aproximadamente 15 % do valor dos estoques; possuem importância relativa no valor total dos estoques.
- Classe C: formada por uma grande quantidade de itens, 40 a 50 % do total, representam um valor dos estoques de 5 a 10 %. São os materiais em maior quantidade, porém, os menos importantes quando se trata do valor global dos estoques .

Ainda de acordo com Chiavenato os itens classificados como A, devem receber uma atenção maior da empresa, devido ao seu elevado valor comparativamente ao do estoque global. Os itens da classe B recebem uma atenção menor em relação aos da A, e os da classe C podem ser tratados por procedimentos semiautomáticos, que exijam pouco tempo de decisão por apresentar um valor monetário baixo.

De uma maneira generalizada Pekarčíková, Trebuña e Fiľo apresentam um método para a classificação de itens através do método ABC:

- 1) Selecionar um fator ou parâmetro que se adapte da melhor forma ao rastreamento dos problemas;

- 2) Calcular a porcentagem de cada elemento do valor total do parâmetro e do número total de elementos;
- 3) Ordenar os itens de forma decrescente de porcentagem do parâmetro considerado;
- 4) Produzir um gráfico onde uma das coordenadas se refira à porcentagem do número total de elementos e a outra à porcentagem do valor total do parâmetro;
- 5) Divisão dos itens em A, B e C para os fatores escolhidos;
- 6) Demonstrar graficamente os resultados da análise ABC.

### **2.1.2 Classificação XYZ**

A classificação XYZ de materiais é uma abordagem interessante que classifica os itens baseado na sua regularidade de consumo. Devido a sua criticidade, quando há falta desses itens em estoque, custos podem ser gerados e repassados ao consumidor final, logo, a administração desses materiais deve ser realizada de forma cuidadosa pela organização para que essa situação não ocorra .

Segundo Pekarčíková, Trebuňa e Fišo , as classes do método XYZ possuem os seguintes significados:

X: Itens que possuem um consumo regular ou constante, com flutuações ocasionais; a previsão de utilização desses itens pode ser facilmente realizada.

Y: O consumo desses itens é influenciado por efeitos como a sazonalidade e tendência de estoque; a previsão desses itens pode ser feita com algumas limitações.

Z: Possuem consumo irregular ou ocasional; a previsão de consumo é muito difícil de ser realizada.

Dessa forma, os materiais pertencentes a classe Z são também conhecidos como materiais críticos, ou seja, aqueles que merecem atenção especial do gestor por motivos diversos, tais como: operacionais, de segurança, econômico etc . Logo, as razões para considerar os materiais como críticos podem ser listadas por:

- 1) Razões econômicas: materiais com custos significativos de armazenagem e transporte;
- 2) Razões de armazenagem, manuseio e transporte: itens de alta periculosidade, perecíveis ou de elevados peso e dimensão;

- 3) Razões de planejamento: materiais de difícil previsão de consumo pela organização .

### 2.1.3 Combinação das Classificações ABC e XYZ

A combinação das classificações ABC e XYZ permite gerenciar estoques e custos, de acordo com a importância financeira dos itens obtida pelo método ABC, em conjunto com a importância operacional e grau de imprescindibilidade dos itens através do método XYZ .

É interessante a análise conjunta das classificações ABC e XYZ, uma vez que a combinação eficaz dessas duas visões permite economizar uma quantia considerável de dinheiro e evitar possíveis custos associados à inadequação de fornecimento . Nesse sentido, Motta e Camuzi apresentam vantagens sobre a utilização dessas classificações em conjunto: assegurar a melhor utilização de capital, diminuir a falta de abastecimento de produtos considerados imprescindíveis, garantir o tratamento distinto para cada item e exigência de conhecimento da técnica para que o gestor faça a aplicação.

Porém, existem algumas limitações na utilização dessa combinação, dentre as quais se destaca a necessidade de revisão periódica, carência de processo computacional, necessidade de ser realizada por uma comissão local, dificuldade no estabelecimento de critérios e necessidade de uma avaliação criteriosa .

A aplicação dessa combinação de acordo com Motta e Camuzi é realizada através do cruzamento das informações referentes aos itens e suas classificações, conforme Quadro 1.

**Quadro 1.** Combinação da classificação ABC e XYZ.

Classes	X	Y	Z
A	AX	AY	AZ
B	BX	BY	BZ
C	CX	CY	CZ

Fonte: Adaptado de Motta e Camuzi

A partir da formulação do quadro, destacam-se algumas considerações:

- Os itens dispostos na coluna Z são altamente imprescindíveis;
- Os itens da coluna X e linha C apresentam baixa imprescindibilidade;
- Os gestores devem ter uma atenção especial aos itens dispostos na linha A/coluna Z, devido à sua relevância;
- A ordem de prioridade dos itens: AZ > BZ > AY > BY.



## 2.2 Armazenagem

O almoxarifado é o local devidamente apropriado para a armazenagem e proteção dos materiais da organização. Durante muito tempo, os materiais eram armazenados nesses locais sem nenhum critério ou importância, porém, esse cenário passou por grandes modificações, visto que as organizações compreenderam que os materiais mantidos nos almoxarifados podem representar até cinquenta por cento de todo o patrimônio empresarial. Nesse contexto, a atividade de armazenagem passou a ter suma importância para a gestão da empresa, sendo mais bem planejada e administrada para que haja uma redução dos custos e um aumento na produtividade .

Segundo Viana a armazenagem pode ser entendida como a parte do sistema logístico da empresa que estoca produtos (matérias-primas, peças, produtos semiacabados e acabados) entre o ponto de origem e o ponto de consumo, disponibilizando informações sobre a situação, condição e disposição dos itens estocados. Dentre os objetivos de uma armazenagem eficiente, está a melhor utilização dos espaços e da mão-de-obra, a facilidade de acesso aos produtos, a máxima proteção aos itens e uma movimentação eficiente . Outro objetivo da armazenagem é promover a disponibilidade de materiais para a indústria e para seus clientes, contribuindo assim, com a funcionalidade da cadeia de suprimentos .

Existem diferenças nas funções de armazenagem e estocagem de materiais, visto que a armazenagem é responsável pela guarda e preservação do material e a estocagem se relaciona com a disponibilidade do material. Como exemplo, caso um determinado material possua uma não conformidade e seja direcionado para uma área de segregação, não estando disponível para utilização, esse material encontra-se armazenado nesse local e não estocado, visto que não está disponível para uso .

Em relação aos materiais existentes nos almoxarifados estes podem ser considerados como:

- Excedentes: material que existe em quantidade superior às necessidades dos usuários;
- Material obsoleto: que não satisfaz às exigências da empresa, pois foram substituídos por outros;
- Material sucata: material deteriorado ao longo do tempo, sem qualquer outra utilização, que não apresenta outro valor, senão o intrínseco de sua composição;
- Material inservível: que em consequência do tempo de utilização, avaria ou deterioração, torna-se inútil ou de recuperação técnica e economicamente inviável .

### **2.2.1 Falha dos Materiais**

Conforme a norma ABNT NBR 5462 falha “é o término da capacidade de um item desempenhar a função requerida”. Por mais que sejam realizados planos de manutenção para corrigir as falhas nos equipamentos em operação, algumas dessas são decorrentes de situações inesperadas e até mesmo iniciadas antes dos equipamentos entrarem em operação .

Pode ser dito que a falha prematura é o término antecipado da capacidade de um material desempenhar a função requerida; quando este problema ocorre em materiais estocados, esses falham antes mesmo da sua efetiva aplicação. A causa dessas falhas em produtos armazenados é provocada, geralmente, por impactos, inexistência de um programa de prevenção da falha prematura, programa de preservação ou periodicidade inadequados, influência do microclima de armazenagem e tensões aplicadas no material.

Sendo assim, estoques armazenados ao ar livre e em atmosfera marítima estão mais predispostos a sofrer com a corrosão. Desta maneira, é necessário compreender este fenômeno a fim de encontrar maneiras para neutralizar ou minimizar a deterioração causada por esse processo.

## **2.3 Corrosão**

A corrosão pode ser entendida como a deterioração sofrida pelo material por ações químicas ou eletroquímicas do meio ambiente ao qual ele se encontra. A deterioração causada pela interação físico-química entre o material e o seu meio operacional representa alterações prejudiciais e indesejáveis ao material, podendo torná-lo inadequado para o uso. Além disso, a corrosão provoca interrupções, desperdício de recursos valiosos, perda ou contaminação e até mesmo redução de eficiência do equipamento, além de prejudicar a segurança [14, 25].

Os problemas causados pela corrosão são frequentes e ocorrem nas mais variadas atividades: indústrias químicas, petrolíferas, naval, de construção dentre outras. As perdas econômicas que atingem essas atividades podem ser divididas em diretas e indiretas; as perdas diretas englobam os custos de substituição de peças corroídas e os custos e manutenção dos processos de proteção; já na perda indireta, a avaliação é mais complexa, porém envolvem custos maiores .

O processo corrosivo depende do meio em que o material está inserido e podem ser os mais diversificados possíveis, tais como: águas naturais, solos, produtos químicos, atmosfera, entre outros.

### **2.3.1 Meios Corrosivos**

#### **Atmosfera**

De acordo com a ABNT NBR 14643 “a corrosividade da atmosfera é a capacidade da atmosfera de causar corrosão em um determinado metal ou liga metálica”. Além disso, Roberge define a corrosão atmosférica “como a corrosão de materiais expostos ao ar e seus poluentes, em vez de imersos em um líquido”.

Esse tipo de corrosão pode ainda ser dividido em três categorias:

- **Seca:** ocorre em atmosferas secas com a umidade relativa inferior a 30 %; corrosão lenta do material;
- **Úmida:** ocorre em atmosferas com umidade relativa variando entre 30 e 100 %, sendo a velocidade do processo corrosivo dependente da umidade, poluentes atmosféricos e higroscopicidade dos produtos de corrosão;
- **Molhada:** a umidade relativa está próxima de 100 % e ocorre condensação na superfície metálica, por exemplo, chuva e névoa salina depositadas na superfície metálica [14 – 16].

A severidade da corrosão atmosférica tende a variar significativamente entre diferentes locais, sendo rotineiro classificar os ambientes em rurais, urbanos, industriais, marinhos ou uma combinação destes.

A atmosfera rural é geralmente menos corrosiva, nesse meio os principais fatores são a umidade, oxigênio e o dióxido de carbono. A urbana se assemelha à rural, contendo alguns poluentes adicionais produzidos pela emissão dos veículos automotores e combustíveis domésticos .

Tratando-se de atmosferas industriais, onde ocorrem processos industriais pesados e que podem conter dióxido de enxofre, cloretos, fosfatos e nitratos, os índices corrosivos são maiores se comparados a rural e urbana. Já as atmosferas marinhas geralmente são altamente corrosivas, sendo a corrosividade dependente da direção e da velocidade do vento, bem como da proximidade com a costa litorânea .

Deste modo, pode ser notado que as diferentes atmosferas provocam o processo corrosivo com intensidades distintas. Além disso, a umidade relativa do ar também é um fator importante a ser considerado, pois influencia diretamente a taxa de corrosão dos materiais. A seguir será discutida de forma mais detalhada essa influência.

### **Corrosão atmosférica úmida**

A corrosão atmosférica úmida é típica no território brasileiro com seu clima tropical e subtropical, sua extensa faixa litorânea e seus centros urbano-industriais localizados próximos a essa faixa. A maior parte do território brasileiro, a umidade relativa é superior a 70 % e tratando-se de atmosferas tão úmidas, os metais permanecem umedecidos por um longo período de tempo e sofrem a corrosão atmosférica acentuada .

A simples presença de vapor de água no ar não é um fator que estimula a corrosão, porém quando a água se condensa na superfície metálica e absorve o oxigênio juntamente a poluentes atmosféricos, ocorre a corrosão eletroquímica rápida do metal molhado .

Além disso, outros fatores também exercem influência na taxa corrosiva dos materiais, como:

- 1) Deposição sobre a superfície metálica molhada de sais facilmente dissolúveis (NaCl) e dissociados na água condensada promovendo, dessa forma, um ataque uniforme do metal;
- 2) Dissolução química de poluentes gasosos na água condensada ( $2\text{SO}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{HS}_2\text{O}_7^-_{(aq)}$ ) aumentando a acidez e promovendo ataque uniforme do material;
- 3) Deposição sobre a superfície metálica molhada de partículas poluidoras insolúveis ( $\text{SiO}_2$ ), de forma a gerar a corrosão localizada do metal por efeito de aeração diferencial .

Portanto, quando necessário armazenar materiais ao ar livre, em atmosferas marinhas e úmidas, devem-se procurar formas de prevenir ou proteger o estoque dos fatores que influenciam a taxa corrosiva dos materiais a fim de serem evitadas as perdas relacionadas a esse processo. A seguir serão descritos alguns métodos de proteção e controle contra a corrosão.

### 2.3.2 Meios de Proteção e Controle

Os mecanismos de controle da corrosão buscam impedir e controlar a degradação corrosiva do material, tratam-se de métodos que visam assegurar a viabilidade e a utilidade de diversas estruturas, a um custo economicamente vantajoso devem ser considerados. Alguns desses são: seleção e utilização de materiais resistentes à corrosão, mudanças ou alterações no meio, utilização de revestimentos na estrutura do material (criando uma barreira física com o ambiente), proteção catódica e por fim modificação do design .

Em relação a estoques já existentes, para implantação de alguns desses meios de proteção seriam necessárias grandes mudanças e por isso, poderia haver dificuldades ou até impedimentos no processo de implementação. Assim, um dos meios de proteção mais viável a ser adotado é a utilização de barreiras com o ambiente, como por exemplo, os revestimentos.

#### Revestimentos

A limpeza e a preparação da superfície são algumas das etapas mais importantes para que um revestimento apresente o desempenho esperado. Essa etapa, conhecida como Tratamento de Superfície, objetiva remover os contaminantes da superfície (carepa de laminação, produtos de corrosão, sais, óleos, graxas, tintas velhas, etc.) e criar condições que proporcionem a melhor aderência dos revestimentos .

A aplicação de tintas é bastante utilizada por apresentar uma série de características importantes, tais como: facilidade de aplicação e de manutenção, boa relação custo-benefício, auxilia na segurança e sinalização do local, impermeabilização, diminuição da rugosidade superficial, dentre outras .

Além disso, a eficácia de proteção de estruturas metálicas revestidas com tin-

tas contra a corrosão depende da espessura da película, do meio corrosivo e do tipo de tinta . Na Tabela 1 estão representadas as espessuras mínimas de tinta para os respectivos meios. Pode ser observado que para materiais que ficam expostos a atmosfera industrial a espessura mínima de tinta deve ser de 250  $\mu\text{m}$  e para água do mar de 300  $\mu\text{m}$ . Porém não há informações para atmosfera marítima, que se pode dizer que em termos de severidade do meio deve ficar dentro da faixa de 250-300  $\mu\text{m}$ .

**Tabela 1.** Espessuras mínimas de película de tinta para os meios.

Meio corrosivo	Espessura ( $\mu\text{m}$ )
Atmosfera rural	120
Atmosfera urbana	160
Atmosfera industrial	250
Água do mar	300

Fonte: Adaptado de Matlakhov

Na Tabela 2 pode ser observada a relação da vida útil dos tipos de tintas em presença de ar levemente poluído. Desta maneira, constata-se que dependendo do tempo que o material vai ficar estocado ao ar livre este deve ter um revestimento de tinta adequado em relação ao tipo e espessura.

**Tabela 2.** Vida útil dos tipos de tinta em presença do ar atmosférico levemente poluído.

Tipo de Tinta	Espessura ( $\mu\text{m}$ )	Vida útil (anos)
Alquídico convencional	120	3
Alquídico fenólico	120	5
Vinílico	120	6
Borracha clorada	200	7
Epóxi catalisado	250	10
Epóxi alcatrão	300	13

Fonte: Matlakhov .

### 3. Método

O método utilizado para condução desse projeto foi uma adaptação do método de estudo de caso proposto por Miguel . Foram estruturadas as etapas de condução, adaptando os passos para que se atingisse o objetivo do trabalho. O Fluxograma 1 apresenta as fases de execução que foram realizadas para a execução deste projeto.



**Fluxograma 1.** Fases de execução do projeto.

Fonte: Adaptado de Miguel

### 3.1 Roteiro da Pesquisa

Esta etapa consistiu na análise do contexto e da situação atual na qual a pesquisa foi realizada, sendo necessário diagnosticar a situação, delimitar o problema e definir os objetivos que auxiliaram na identificação das melhorias. Para isso foi necessário realizar um levantamento bibliográfico dos temas pertinentes ao estudo, com o intuito de auxiliar o entendimento dos problemas detectados na organização.

### 3.2 Registro dos Dados

A aquisição dos dados necessários para a realização desse estudo foi realizada da seguinte forma:

- Primeiramente realizou-se o levantamento de dados dos materiais estocados através do sistema de controle de estoques utilizado pela empresa em questão: “Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados” (SAP). Nele é possível identificar a data de entrada dos materiais no estoque, as movimentações realizadas, os materiais que permanecem novos e os que já foram utilizados, o valor, a localização, o tipo de avaliação (sucata, possível de recuperação ou novo), a quantidade de itens, os itens que foram alienados e/ou sucateados, dentre outros;
- Outra fonte de dados utilizada são as planilhas de controle internas confeccionadas e controladas pela gerência responsável, as quais contêm informações adicionais às fornecidas pelo SAP, tais como, os materiais mantidos ou inspecionados e os períodos de realização dessa manutenção;
- Também foram feitas visitas pré-estabelecidas aos depósitos de armazenagem dos equipamentos de perfuração, com o intuito de visualizar e identificar os tipos, as condições e os problemas na armazenagem dos materiais. Além disso, foram realizadas observações visuais a respeito da preservação desses materiais, bem como do seu estado físico.

### **3.3 Análise dos Dados**

O objetivo foi identificar as falhas e problemas nos processos de armazenagem e manutenção dos materiais. De forma mais detalhada, as análises foram:

- Identificar a composição dos materiais presentes no estoque (metal, borracha, etc.);
- Analisar a forma como esses materiais estão sendo armazenados e identificar os erros e problemas;
- Utilizar ferramentas para auxiliar o tratamento dos dados, sendo elas a curva ABC e XYZ, a fim de categorizar os produtos mais importantes e mais críticos para a organização.
- Realizar um estudo acerca dos tipos de deterioração que cada material pode sofrer e apontar os agravantes da ocorrência desse problema;
- Calcular a quantidade e valores dos itens deteriorados, perdidos e também obsoletos;
- Analisar os tipos de manutenção realizados nas peças estocadas.

### **3.4 Proposição de melhorias**

Com base nos dados avaliados, foram obtidas informações satisfatórias a respeito dos problemas identificados na armazenagem e manutenção dos materiais, de modo a possibilitar a proposição de melhorias de forma concisa e alinhada com as perspectivas da organização. Coube ao projeto propor ações que auxiliem na melhor gestão desses itens e que minimizem a perda dos materiais estocados, bem como o custo associado a essas perdas.

## **4. Resultados e Discussões**

### **4.1 Definição dos problemas**

O setor de equipamentos de perfuração de poços da empresa em questão vem enfrentando problemas com os materiais mantidos em estoque e consequentemente sofrendo perdas financeiras consideráveis. Além disso, grande parte dessas tem ocorrido por deterioração física desses itens.

Com isso, observou-se uma ligação entre tais perdas e as práticas inadequadas de armazenagem e manutenção dos materiais, tais como:

- Armazenamento de materiais em locais inadequados;
- Falta de proteção e embalagens;

- Falta de identificação dos materiais ou identificação incorreta;
- Itens fora do posicionamento correto nos galpões;
- Materiais não localizados nos depósitos;
- Excesso de sujeira nos depósitos;
- Itens dispostos no tempo sem proteção ou manutenção periódica para evitar danos físicos;
- Escassez de realização de processos de manutenção nos estoques.

#### **4.1.1 Roteiro da Pesquisa**

Após a etapa da identificação dos problemas, definiu-se um planejamento a fim de determinar todas as informações que deveriam ser extraídas do sistema, além de quais depósitos seriam visitados, a quantidade de visitas a serem realizadas e quais informações deveriam ser obtidas nestas inspeções.

#### **4.1.2 Coleta de Dados**

A primeira ferramenta utilizada para coletar dados foi o sistema SAP (Sistemas, aplicativos e produtos para processamento de dados). As duas principais transações utilizadas desse programa foram as que fornecem a lista de documentos de materiais e a que exibe estoques em depósito dos materiais.

De forma geral, através da lista de documentos do material foi possível identificar uma grande quantidade de movimentações que alteram o tipo de avaliação dos materiais de novos para sucata ou alienados (dados fornecidos pela coluna TpMov – Tipo de Movimento), bem como a perda financeira com a ocorrência dessa situação (valores disponíveis na coluna Montante em MI).

Já na transação de estoques em depósito dos materiais, a qual fornece dados voltados para a armazenagem dos itens, foi possível identificar um grande número de itens perdidos no depósito físico, através da coluna que mostra os materiais bloqueados no sistema.

Outra importante transação utilizada exibe dados mais específicos dos materiais como unidades de medida, texto descritivo, composição, entre outros. Através do catálogo de dados que é fornecido nessa transação, verificaram-se todos os tipos de composição dos materiais que compõem o estoque.

Outra forma de coletar dados foram as visitas nos depósitos onde se detectou problemas relacionados com práticas inadequadas de armazenagem como identificação incorreta dos materiais, sujeira em excesso, falta de embalagens de proteção, materiais acondicionados em ambientes incorretos, entre outros.



## 4.2 Análises

### 4.2.1 Análise dos Dados

As análises foram realizadas nos materiais componentes do estoque de manutenção da gerência de recursos físicos de sistemas de perfuração. Esses materiais são divididos em duas classes, a de Perfuração (PERF) e a de Pescaria, Alargamento e Testemunhagem (PAT). O Gráfico 1 representa o comportamento desse estoque ao longo dos últimos 10 meses.

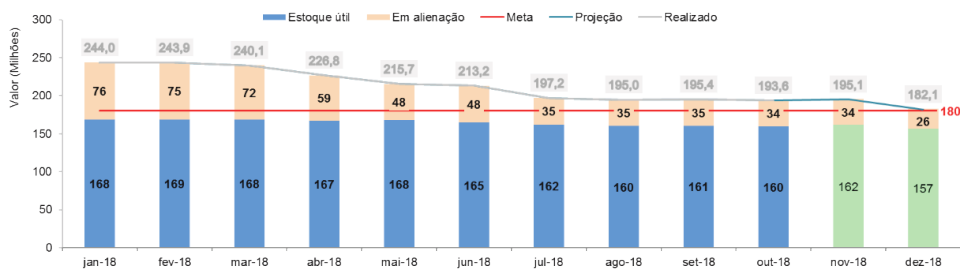


Gráfico 1. Valor financeiro do estoque nos últimos 12 meses.

Fonte: Os autores (2018)

A quantidade de materiais estocados é elevada, sendo que os materiais do PAT representam cerca de 95 % do estoque. Esses materiais são, em sua maioria, utilizados em operações especiais durante a fase de perfuração, normalmente quando há uma falha humana, deficiência de material ou condições adversas. Porém, a ocorrência dessas operações é imprevisível e ocasional.

Diante das condições de sua utilização, o giro de estoque desses itens é baixo, o que aliado ao alto lead time de entrega do fornecedor pode explicar a armazenagem em larga escala e por grandes períodos de tempo, o que os torna mais propensos a deteriorações e obsolescência.

Em contrapartida, os materiais do PERF, estão presentes em menor quantidade, por volta de 5 % do estoque total, e possuem uma maior utilização nas operações de perfuração. Por possuírem um lead time de entrega cerca de três vezes menor, se comparado aos materiais do PAT, e serem adquiridos na maioria das vezes sob demanda, estes são armazenados em pequenas quantidades e por menor período de tempo.

Diante da elevada quantidade média em estoque (70.583 itens), a gerência vem traçando estratégias para reduzi-lo desde o início do ano de 2018; o ponto inicial é diminuir o valor do estoque em termos financeiros, visto que como apresentado no Gráfico 1 o montante ultrapassa 190 milhões de reais, sendo que a meta traçada é atingir o valor de 180 milhões de reais. A fim de atingir tal meta, vem sendo realizado um trabalho de disponibilização de itens para alienação, priorizando os materiais novos que se encontram obsoletos, deteriorados ou sem condições de serem utilizados. Essa priorização é explicada pelo fato

de os materiais usados não possuírem custo, pois quando utilizados seu valor é pago pelo contrato de perfuração do poço. Por outro lado, os itens presentes no estoque útil são aqueles que devem ser mantidos, pois são passíveis de utilização.

Com isso, foi possível observar que ao longo dos últimos meses o valor de itens em alienação foi consideravelmente alto, sendo caracterizada uma perda financeira relevante, possivelmente causada pela má gestão dos estoques, tanto no âmbito gerencial, como na armazenagem e manutenção dos mesmos.

#### 4.2.2 Perdas, deterioração e obsolescência do estoque

A fim de visualizar da melhor forma as perdas que ocorrem no estoque, foram elaborados gráficos que priorizam as perdas por quantidade e valor dos materiais. Para a confecção dos mesmos foram consideradas três tipos de perda, a dos materiais novos perdidos no físico, dos materiais usados perdidos no físico, que dizem respeito aos materiais não localizados, e por fim os materiais novos alienados ou sucateados, por motivos de deterioração física ou obsolescência. Vale ressaltar, que foram utilizadas médias anuais dos dados na construção dos gráficos, com o intuito de melhor representar a situação em questão.

Analisando o Gráfico 2 observa-se que cerca de 75 % das perdas são ocasionadas pela não localização dos materiais novos e usados nos depósitos físicos.

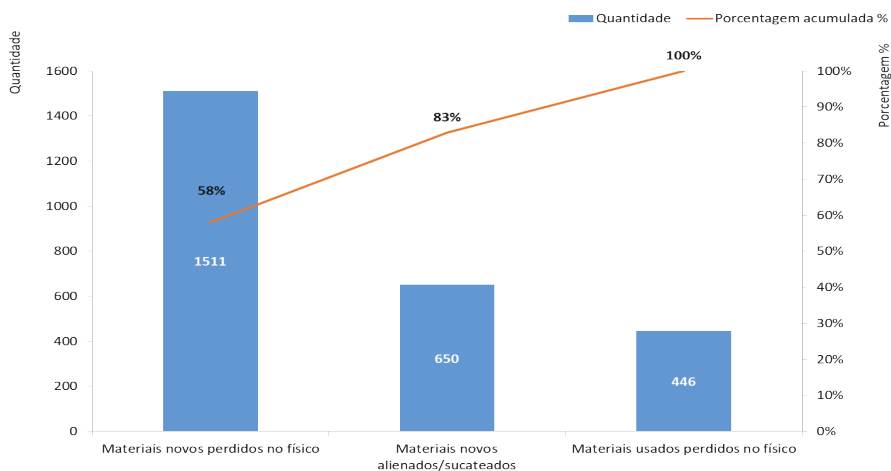


Gráfico 2 – Priorização das perdas por quantidade.

Fonte: Os autores (2018)

Em termos de quantidade, anualmente são perdidos em média 1.957 itens, o que aponta para a existência de falhas e erros nos processos de armazenagem desses materiais, visto que um dos principais objetivos desse processo é garantir a disponibilidade do material. Além disso, apesar das perdas por alienação ou sucateamento de materiais novos serem menores, elas ainda representam 25 % das causas. Logo, é possível inferir que a falta de manutenção, proteção e armazenagem incorreta dos materiais pode contribuir diretamente para esse cenário,

uma vez que esses materiais nunca foram utilizados e são descartados por estarem obsoletos e na maioria das vezes deteriorados fisicamente.

No Gráfico 3 observa-se que a ordem das causas de perda de materiais se manteve a mesma do Gráfico 2. O prejuízo financeiro com os materiais novos perdidos no físico representa cerca de 60 % do total, ou seja, essa é a causa que possui maior impacto quantitativo e financeiro. Porém, diferente do que foi constatado na análise anterior onde os materiais usados perdidos no físico representavam uma porcentagem considerável das perdas, nesse caso o impacto financeiro é quase nulo, pois como já foram utilizados o custo dos mesmos foi pago pelo contrato de operação.

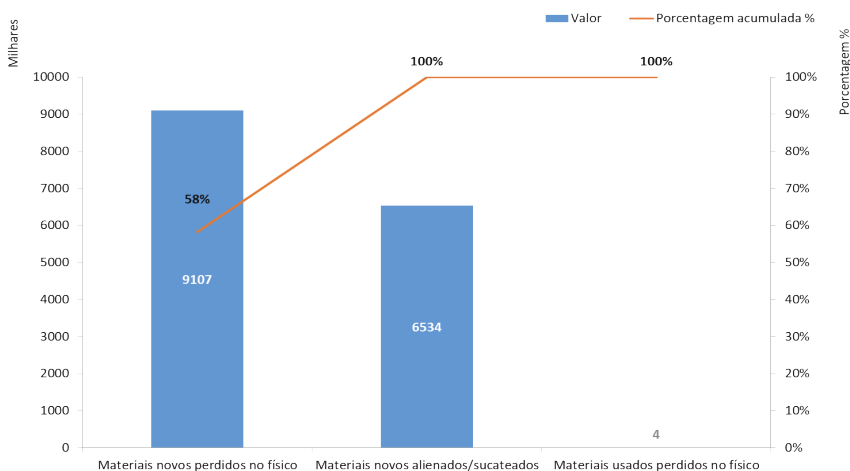


Gráfico 3. Priorização das perdas por valor

Fonte: Os autores (2018)

Por fim, nota-se que os materiais novos alienados ou sucateados apresentam uma influência considerável nas perdas financeiras, cerca de 40 % do total sendo um desperdício médio anual de 6,5 milhões de reais, em relação às quantitativas. Esse cenário corrobora que é relevante considerar o efeito da corrosão e da manutenção na obsolescência dos estoques.

#### 4.2.3 Classificação ABC

O estoque da gerência apresenta uma grande variedade de produtos devido à alta complexidade do processo de perfuração de poços. Atualmente, há cerca de 69 mil itens, os quais são armazenados em 19 depósitos físicos. O processo de compras praticado atualmente é de acordo com a demanda dos poços, caso não haja o material necessário em estoque o mesmo é adquirido. Porém, nos anos anteriores os materiais eram comprados em larga escala com o intuito de permanecerem disponíveis caso houvesse alguma demanda futura, o que gerou altos níveis de estoque.

A fim de verificar a relevância dos itens em relação ao valor, foi proposta, inicialmente, a classificação ABC dos materiais do estoque. Na formulação do quadro para a classificação ABC, a primeira coluna correspondeu a descrição do material, na segunda coluna foram listados os valores unitários, na terceira o valor total daquele produto e na quarta os percentuais em relação ao valor total dos itens. Já na coluna de porcentagem acumulada foi realizada a soma do percentual da porcentagem relativa do item em questão com a acumulada do item anterior. A partir dessa informação, foi possível classificar os itens na última coluna em A, B e C.

Pode-se verificar no Gráfico 4 que 12.295 itens compõem a classificação A (11.329 pertencentes ao PAT e 966 ao PERF), os quais representam 70 % dos custos totais do estoque, contendo em sua maioria itens, como por exemplo, brocas e tubos de perfuração, tubos e sapatas de lavagem. Como essa classe representa o maior valor do estoque, o gerenciamento de seus itens requer mais atenção. Os itens presentes na classe B totalizam 7.759 unidades (7.172 do PAT e 587 do PERF), que correspondem a 20 % dos valores em estoque e variedade mediana de produtos, como por exemplo, anéis de vedação, chaves para broca, parafusos e garras. Por fim, a classe C possui 49.652 itens (45.474 pertencem ao PAT e 4.118 ao PERF), e equivalem a 10 % do valor total do estoque e compõem o maior número de mercadorias. Alguns desses itens são adaptadores, alargadores de poço, vedadores e esferas de válvulas PBL (Válvula de circulação para coluna de Drill Pipe).

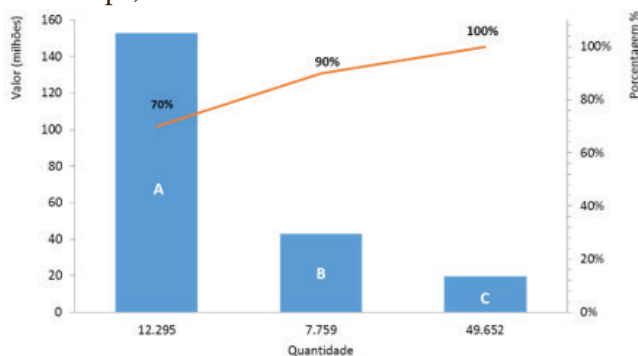


Gráfico 4. Classificação ABC dos estoques.

Fonte: Os autores (2018)

#### 4.2.4 Classificação XYZ

No caso em questão, como não há uma análise de vendas e a demanda é incerta, a classificação XYZ foi realizada de acordo com a criticidade dos itens em relação ao processo de perfuração. Dessa forma, foram discutidos com o gestor os itens de menor criticidade, ou seja, aqueles cuja falta não acarreta em paradas (classificados em X), os mais imprescindíveis, que podem causar paradas na operação caso falem (classificado em Z), bem como os de criticidade média (classificados em Y).

No Gráfico 5 pode ser verificado que 28 % dos itens do estoque foram classificados como X (18.200 itens pertencem ao PAT e 1.607 ao PERF), sendo estes compostos por materiais obsoletos, brocas de diâmetros elevados, raramente utilizadas (26, 28, 36 polegadas), e materiais do PAT que possuem substitutos mais eficazes. Já a classe Y é composta por 30 % dos materiais (18.945 itens do PAT e 2.082 do PERF), os quais possuem importância na operação, visto que são os mais utilizados, sendo em sua maioria brocas de diâmetros medianos (12 ¼, 14 ¾, 16 ½) e válvulas PBL. Por fim, os itens presentes na classe Z, representando 42 % do estoque (26.831 itens do PAT e 2.051 do PERF), são os considerados estratégicos para a operação, ou seja, na falta dos mesmos há grandes chances de paradas de produção. Dentre esses itens, tem-se os tubos de perfuração e lavagem, alargadores de poço, escareadores, brocas de pequeno diâmetro (6 1/8, 8 ½, 9 polegadas), as quais são usadas na fase final da perfuração, brocas híbridas e acessórios de broca como chaves, gabaritos e jatos.

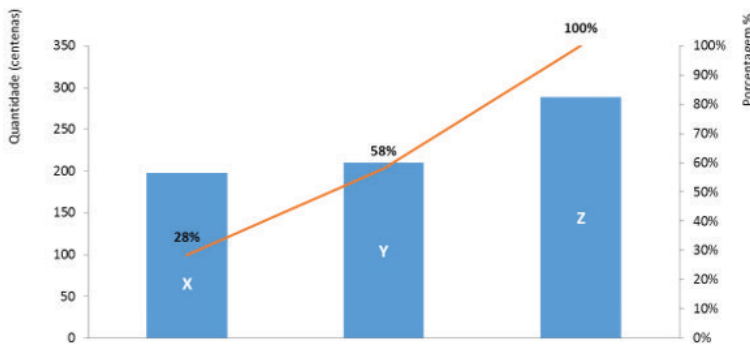


Gráfico 5 – Classificação XYZ dos estoques

Fonte: O autor (2018)

#### 4.2.5 Combinação Classificação ABC/XYZ

Em relação à combinação das classificações ABC/XYZ (Tabela 3), os gestores devem dar atenção especial aos materiais que se encontram nos grupos AZ, BZ, AY E BY, visto que esses são os de maior prioridade, criticidade e custo.

Além disso, fazendo uma relação entre os materiais novos perdidos por alienação e sucateamento e suas respectivas classificações, observou-se que 33 % está presente na classe AZ, ou seja, a classe que representa os itens de maior valor e criticidade; salienta-se que a maior parte dos itens perdidos (62 %) encontra-se presente nas classes de maior imprescindibilidade (AZ, AY, BZ, BY). Dessa forma, é perceptível a importância em melhorar o controle dos processos de manutenção e armazenagem do estoque a fim de evitar os prejuízos gerados com tais perdas.

CLASSIFICAÇÃO	MATERIAL	QUANTIDADE	% DE PERDAS
AX	Alargador de perfuração, braço para underreamer, broca de perfuração, calha defletora, cone JG, coroa, extensão M, garra, guia, restaurador DE, sapata de lavagem, selag JG, tubo de lavagem.	6027	15 %
BX	Atuador para underreamer, braço para underreamer, broca de perfuração, cone JG, controle, coroa, corpo, extensão M, garra, parafuso, reparo, sapata de lavagem, tubo de lavagem.	4781	3%
CX	Adaptador, alargador de poço, anel, broca de perfuração, controle, corpo, esfera, espaçador, estabilizador, jogo de jatos, sapata de lavagem, sub de redução, sub de cruzamento, tubo de lavagem, vedador.	8998	19%
AY	Braço para underreamer, broca de perfuração, caixa de ferramentas, calha, camisa, cilindro, cone, coroa, corpo, cotovelo, esfera, estabilizador, extensão, garra, guia, mandrill, restaurador, retentor, rolete, sapata de lavagem, seção CX, sede, selo, sub de elevação, sub Topo, tubo de Lavagem.	3851	14%
BY	Adaptador, anel, batedor, borracha, botão, braço para underreamer, broca de perfuração, camisa, chave de broca, cilindro, cone, coroa, corpo, esfera, estabilizador, extensão, gancho, garra, guia, jogo de jatos, mola, parafuso, pino, pistão, porca, protetor de rosca, reparo, restaurador, retentor, sapata de lavagem, seção CX, sede, segmento, selo, sub de cruzamento, sub de elevação, sub reto, sub topo, tubo de lavagem, vedador para spear.	2296	4%
CY	Adaptador, alavanca sacadora, alojador, anel, arruela e atuador para underreamer, batedor, bloco, borracha, braço, broca, bucha, bujão, cabeça, caixa para testemunho, calço, camisa, capa e cartucho para underreamer, chave para broca, cilindro, colar, comando de perfuração, cone, coroa, controle, dedo para cesta reversa, esfera, extensão para tubo, fluido para acelerador, garra, gaxeta, grampo, guia, inserto, jogo de jatos, kit de reparo, linha controle, mola, obturador, parafuso, pin tap, pino guia, pistão, placa para underreamer, protetor para barrilete, rolete, sapata piloto, seção CX, sede esfera, selo, sub de cruzamento, sub de elevação, sub de redução, suporte braço, taper tap, topador, trava para válvula PBL, válvula para acelerador e percussor.	14907	1%
AZ	Alargador de poço, broca de perfuração, camisa jateada para cesta, conjunto retentor para cesta, escareador, estabilizador de lâminas, extensão M, garra, guia, restaurador DE, sapata de lavagem, tubo de lavagem, tubo de perfuração, vareta de solda, vedador.	3835	33%
BZ	Anel, broca de perfuração, camisa para estabilizador, chave de broca, controle, corpo, escareador, estabilizador, garra, jogo lâminas para cortador, kit de reparo, lâmina de cortador, lingueta, sapata de lavagem, pistão, protetor para restaurador, sapata de lavagem, tubo de lavagem, vedador.	4634	11%
CZ	Adaptador, alargador de poço, anel, arruela, bala drift, bico de lavagem para cesta, broca de perfuração, bucha, bujão, cabeça ejetora, camisa, casquilho para broca, chave de broca, cilindro, conjunto de porca para percussor, controle para OS, cunha JG, elemento para junta, embuchado para magneto, esfera para cesta, espaçador para OS, estabilizador, gabarito para broca, garra, guia, jogo de jatos, junk mill, mandrill, milling tool, mola, orifício para cortador interno, parafuso, pino, pistão, protetor guia para OS, reparo, sapata de lavagem, selo externo e interno, tampão, taper mill, topador, tubo de lavagem, vedador, window mill.	20413	1%

Fonte: O autor (2018)

#### 4.2.6 Tipo de Deterioração Sofrida pelos Materiais em Estoque

O fato de a empresa estar localizada em uma cidade litorânea provoca um aumento na velocidade do processo corrosivo, visto que os índices de umidade e salinidade do ar tendem a ser mais altos conforme a proximidade com o mar,

sendo mais crítico em regiões com distância inferior a 1 km e com umidade relativa superior a 40 % . Além disso, como há materiais armazenados ao ar livre e os que se encontram em depósitos cobertos não possuem nenhum tipo de embalagem protetora, há um contato direto dos itens com a atmosfera, estando mais sujeitos à corrosão marinha (por cloretos). Dessa forma, pode-se dizer que o meio corrosivo, no qual o estoque encontra-se localizado, é caracterizado como atmosfera marinha-úmida.

Outro fator que influencia diretamente no processo corrosivo é a composição dos materiais, onde cerca de 94 % do estoque é composto por materiais metálicos e os outros 6 % de não metálicos, sendo que a corrosão ocasiona um prejuízo financeiro médio anual para a empresa de aproximadamente seis milhões de reais sobre o estoque.

### **Materiais Metálicos**

A corrosão metálica é um processo químico ou eletroquímico que ocorre na superfície dos metais. Esse processo leva a perdas da qualidade, resistência mecânica e ductilidade do material . O estoque é composto por diversos itens metálicos, destacam-se peças de aço, tungstênio e cobre.

O aço quando exposto à atmosfera marinha, tem sua superfície rapidamente recoberta por uma fina camada heterogênea de óxidos metálicos produtos da corrosão. Isto ocorre devido, basicamente, a dois fatores: estrutura heterogênea do aço que promove a formação de pilhas eletroquímicas, principalmente entre ferrita anódica e cementita catódica; e devido ao produto da corrosão não ser protetor, por ter uma estrutura defeituosa e de baixa aderência (ferrugem -  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ). Esta reação acontece tão mais rapidamente quanto mais úmida e contaminada com poluentes atmosféricos for o ar [14, 16].

O tungstênio é considerado um metal não ferroso especial que possui alta resistência à corrosão e só é atacado por ácidos minerais diluídos. Esse material quando exposto ao ar, forma na sua superfície um óxido protetor, porém somente na presença de altas temperaturas ele pode sofrer oxidação [14, 16].

O cobre e suas ligas, por exemplo, quando em contato com a atmosfera externa, sofrem corrosão e formam, inicialmente, óxido cuproso ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), cuprita, que apresenta uma coloração castanha e, com o tempo e ação do oxigênio forma-se o óxido cúprico ( $\text{CuO}$ ) e tenorita, de cor preta. Os produtos de corrosão do cobre são protetores, porém na atmosfera na marinha são semiprotetores ( $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$ ). Desta maneira, o cobre apresenta resistência à corrosão superior aos do aço carbono comum [14, 16].

### **Materiais não metálicos**

A deterioração de materiais não metálicos, como, por exemplo, polímeros e madeira, devida à ação química do meio ambiente, é considerada também como corrosão, porém o termo mais comumente usado é degradação. Os mecanismos de deterioração são diferentes daqueles dos metais, é um processo físico-químico, nesse caso podem ocorrer também alterações na estrutura molecular dos

materiais pela exposição a radiações eletromagnéticas ou calor [12–14]. Dentro dessa classificação, o estoque é composto por itens de nylon, borracha e sisal.

A incidência de raios eletromagnéticos e a exposição ao calor e ao ozônio são as condições ambientais mais prejudiciais para qualquer componente confeccionado com polímero, sendo a radiação ultravioleta (UV) a maior causadora de danos. Após uma exposição prolongada a radiação UV o polímero pode se tornar frágil, descolorir, trincar e falhar. Já a degradação da borracha, o qual é caracterizado pela perda de elasticidade e também pelo aparecimento de ranhuras na superfície da mesma é causada pelo ozônio (O<sub>3</sub>) .

Os materiais confeccionados de nylon e sisal apresentam elevada razão entre a resistência e o peso e são flexíveis. Em relação a ação do meio onde estão inseridos, esses materiais sofrem influências externas negativas (intemperismo), que aceleram o seu processo corrosivo, sendo que sua degradação é principalmente um resultado da oxidação, causada pela radiação UV. Além disso, eles também são suscetíveis à absorção de água, o que produz uma redução em sua dureza e rigidez . Dessa maneira, o indicado é que esses materiais sejam armazenados ao abrigo do sol e do intemperismo do ambiente.

#### **4.2.7 Armazenagem Incorreta**

As funções principais da armazenagem são a guarda e preservação dos materiais nos almoxarifados, sejam eles cobertos ou não. Porém, quando existem problemas e falhas no cumprimento dessas funções os materiais sofrem impactos negativos como a corrosão, a qual pode tornar o mesmo incapaz de desempenhar suas funções. Em relação a armazenagem dos itens componentes do estoque da gerência em questão, foram percebidas algumas dessas falhas, tais como:

#### **Sujeira nos depósitos**

Um dos pilares básicos das boas práticas de armazenagem é manter a limpeza dos galpões, bem como dos itens nele armazenados, porém durante as visitas de campo realizadas aos depósitos de armazenagem do estoque, foi detectado uma grande quantidade de sujeira tanto nos materiais, como nas prateleiras e no chão. Este é um detalhe agravante, uma vez que essas camadas de poeira se depositam nos materiais e são responsáveis por acelerar o processo corrosivo do mesmo.

#### **Embalagens inadequadas**

As embalagens são um meio de proteger o material de agentes externos como poeira, umidade e até mesmo radiação, logo é importante que elas sejam utilizadas de forma correta para diminuir a influência do meio no processo de deterioração dos itens. No caso dos materiais desse estudo, a maior parte dos mesmos não apresenta nenhum tipo de embalagem, e nos poucos que possuem, geralmente, são utilizadas embalagens inadequadas.



## **Área de armazenagem inadequada**

A função mais básica dos depósitos cobertos é a de fornecer proteção aos materiais contra fatores externos do ambiente como o sol e a chuva, por exemplo. Porém, durante as visitas realizadas nos depósitos onde se encontram os materiais do PERF e do PAT foi possível observar que essa proteção não tem sido eficaz devido a existência de alguns orifícios no telhado do depósito, que favorecem o processo de corrosão dos itens, por permitirem a entrada de água da chuva no ambiente.

## **Materiais em depósitos abertos sem supervisão/manutenção periódica**

Os materiais que possuem grandes dimensões e peso elevado como os tubos de lavagem são armazenados em depósitos abertos, localizados próximo ao mar, e que não possuem pavimentação nas ruas. Nesse cenário, os materiais têm contato direto com raios solares, umidade, maresia (particulados de NaCl) e com a sujeira proveniente das ruas de terra (particulados de SiO<sub>2</sub>), sendo que esses fatores exercem influência no processo de corrosão do material, de forma a acelerá-lo. Além disso, como não existem planos de manutenção periódica para esses itens, os mesmos têm sido sucateados por estarem em estado avançado de deterioração física, sendo que 90 % desses tubos armazenados nunca foram utilizados anteriormente.

### **4.2.8 Manutenção das peças estocadas**

Em relação aos processos de manutenção, os materiais presentes no estoque não são submetidos a nenhum tipo deles, sendo que a necessidade de se realizar os mesmos nos equipamentos armazenados já foi discutida pelos gestores, pois dessa forma é mais fácil identificar os itens que necessitam de reparos e evitar as perdas por conta do alto nível de deterioração.

Porém, alguns materiais classificados como ferramentas de serviços especiais como o exemplo de brocas de perfuração, jogos de jatos, válvulas PBL, sub de cruzamento, entre outros passam por manutenção corretiva antes do envio ou, na maior parte das vezes, após voltarem das operações offshore. Para isso, os materiais são divididos por oficina, sendo uma para tratar os itens de perfuração (PERF) e outra para os de pescaria alargamento e testemunhagem (PAT).

Na oficina de perfuração, os materiais são inspecionados visualmente e apenas os processos de lixamento e tintura superficial são realizados, caso haja necessidade de submeter o equipamento a outro tipo de manutenção, o mesmo é enviado para a oficina de preservação, a qual pertence à outra gerência da empresa. Além disso, no caso específico das brocas, ao retornarem de operação os jogos de jato presentes na mesma são analisados e caso haja algum problema são substituídos por jogos novos.

Já na oficina que trata dos itens do PAT, são empregados vários tipos de manutenção, tais como corte, desbaste, aplicação de tungstênio, soldagem, lubri-

ficação, substituição de vedações e torque, preservação, inspeção visual, líquido penetrante e teste de pressão.

Logo, o material é recebido na oficina, devidamente identificado com etiquetas contendo os dados básicos do mesmo, depois é desmontado com o intuito de melhor visualizar os locais que necessitam ou não de reparo. Após a desmontagem é feita uma lavagem das peças, seguida de uma inspeção onde ocorrem os processos de manutenção necessários do material, posteriormente é montado e submetido aos testes necessários e então é realizado o processo de tintura na superfície da peça. No final da realização de todo o processo de manutenção o item pode seguir para embarque ou para os depósitos de armazenagem.

Além disso, vale ressaltar que a etapa de pintura realizada nesse processo é apenas para fins de identificação do material e não para proteção do mesmo, visto que a camada de tinta aplicada pela oficina não possui espessura significativa, e de acordo com a Tabela 2, nos materiais expostos à atmosfera marinha a espessura da tinta deve ter em torno de 250 a 300  $\mu\text{m}$ .

#### **4.3 Proposição de Melhorias**

Foram feitas as seguintes recomendações para melhorias:

Para que o material esteja protegido de forma eficaz contra os efeitos da corrosão marítima a espessura de tinta utilizada deve compreender a faixa de 250 a 300  $\mu\text{m}$ . Recomenda-se a utilização dessa espessura de tinta durante o processo de pintura dos materiais do PAT e do PERF a fim de se garantir essa proteção. Além de utilizar a tinta adequada em relação ao período de duração e armazenagem do material conforme Tabela 2.

É importante armazenar os materiais não metálicos ao abrigo do intemperismo do ambiente, bem como dos raios UV, umidade e calor, visto que essas condições aceleram o processo corrosivo dos mesmos. Desta maneira, recomenda-se que sejam utilizadas embalagens de plástico preto, a fim de diminuir o contato desses itens com estes fatores prejudiciais [14, 16].

Quando ocorre o acúmulo de água condensada na superfície de materiais metálicos, a taxa de corrosão é progressivamente aumentada, logo o ideal é que esses itens estejam protegidos do contato com a umidade de forma adequada. O mesmo se aplica as roscas componentes desses materiais, visto que caso estejam corroídas o material torna-se inutilizado. Para tratar a ocorrência desse problema foi proposto a utilização de embalagens específicas para proteção dessas roscas.

Alguns fatores exercem influência na taxa de corrosão dos materiais. Dentre esses, podem ser destacados a poeira e a água, os quais a medida que se depositam na superfície do material contribuem para o aumento nesta taxa. Contudo, esse é um cenário comumente observado nos materiais armazenados, onde há sujeira em excesso e problemas na estrutura dos galpões, os quais possibilitam a entrada de água da chuva. Com isso, propôs-se uma manutenção adequada das áreas de armazenagem dos depósitos cobertos com limpeza periódicas, bem como a manutenção do telhado que impede a entrada de água da chuva.

Na combinação das classificações ABC/XYZ, os itens de maior importância para a gestão de estoques, em ordem decrescente são AZ, BZ, AY e BY. Logo, esses itens requerem uma maior atenção e cuidado, devendo ser armazenados corretamente e mantidos periodicamente para que não ocorra a indisponibilidade dos mesmos no estoque. Porém, conforme identificado nas análises realizadas, cerca de 60 % dos itens componentes dessa classe são perdidos por deterioração física. Portanto, para diminuir tal quantidade é recomendado armazenar esses materiais, preferencialmente, em depósitos cobertos e realizar planos de manutenção periódica para esses itens.

Por fim, é proposto pavimentar os locais de armazenagem dos materiais em depósitos ao ar livre e implementar planos de manutenção regulares, de forma a prevenir e evitar a ocorrência da corrosão dos materiais estocados nos mesmos. É recomendado que os intervalos entre as inspeções visuais dos materiais do estoque sejam menores enquanto não for realizada a pavimentação das áreas.

## 5. Conclusão

Este trabalho proporcionou a identificação do impacto da corrosão sobre o estoque, onde se verificou uma quantidade considerável de perdas dos materiais armazenados entre os meses de janeiro e outubro de 2018. Observou-se que as falhas existentes nos processos de armazenagem e manutenção desses itens aceleram o processo corrosivo dos mesmos, aumentando, conseqüentemente, as perdas por alienação e sucateamento.

Através das análises realizadas a respeito dos materiais perdidos no estoque, identificou-se que 25 % dessas perdas são causadas pela deterioração física dos materiais, os quais são classificados como itens novos perdidos por alienação ou sucateamento. Em termos quantitativos são perdidos em média, anualmente, 650 materiais, ocasionando um prejuízo financeiro de cerca de R\$ 6.500.000,00 para a gerência responsável.

Além disso, com a utilização da combinação das classificações ABC/XYZ, foram identificados no estoque os itens de maior criticidade, valor e importância, que são aqueles componentes das classes AZ, BZ, AY E BY, totalizando 14.616 itens. Como esses materiais formam a parte mais importante do estoque, foi feita uma relação entre a quantidade desses itens que são perdidos por alienação ou sucateamento, onde 62 % das perdas são compostas por esses materiais. Dessa forma, é recomendado que os itens sejam armazenados em depósitos cobertos e com intervalos de inspeção e manutenção menores.

Uma vez que 94 % do estoque é composto por itens metálicos e o ambiente onde o acervo encontra-se localizado é caracterizado como atmosfera úmida-marinha, itens compostos por aço e cobre, por exemplo, sofrem uma aceleração no seu processo corrosivo quando expostos a esse tipo de atmosfera. O restante do estoque, 6 %, é formado por itens não metálicos, os quais em geral sofrem

degradação pela exposição a radiações ultravioletas ou intemperismo. Logo, esses materiais necessitam de proteção adequada contra esses fatores, ou seja, devem ser armazenados em locais cobertos e utilizadas embalagens que diminuam a exposição aos raios UV.

Os processos de manutenção existentes são apenas de caráter corretivo e contemplam apenas os materiais que foram solicitados ou utilizados em operação. Porém, para os materiais armazenados não foram encontrados processos de manutenção. Dessa maneira, é recomendada a manutenção preditiva para extensão da vida útil dos itens armazenados. Por fim, em relação à pintura dos materiais, deve ser utilizada a espessura de tinta na faixa de 250 – 300  $\mu\text{m}$  para a efetiva proteção contra a corrosão marinha.

## Referencias

- ÂNGELO, L. B. Indicadores de desempenho logístico. 2005. Disponível em: <<http://www.cgimoveis.com.br/Members/aladevig/indicadores.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-14643: Corrosão atmosférica – Classificação de Corrosividade. Rio de Janeiro, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, p. 3. 1994.
- BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BRITO, I; Spejorim, W. Gestão estratégica de armazenagem. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2012.
- CALLISTER Jr., William D.; Rethwisch, David G. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. Tradução Sérgio Murilo Stamile S. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.
- CASTRO, L. P. O. Avaliação de indicadores de desempenho logístico: um estudo de caso de uma pequena empresa de distribuição. 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- CATTINI, O. Derrubando os Mitos da Manutenção. São Paulo: STS Publicações e Serviços Ltda., 1992.
- MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. Produção, v. 17, n. 1, p. 216–229, 2007.
- CHIAVENATO, I. Administração de materiais: uma abordagem introdutória. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- COSTA, T. et al. Políticas para o gerenciamento de estoques: um estudo de caso em uma empresa do ramo metal-mecânico de médio porte. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2012.
- DONATO, Vitório. Metodologia para preservação de materiais: prevenção da falha prematura. 1. ed. Érica. São Paulo, 2011.
- FONTES, J. Administração Logística e Patrimonial II. 1. ed. Aracaju: UNIT, 2013.
- Gentil, V. Corrosão. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros técnicos e Científicos, 2017.
- KARDEC, A; Nascif, J. Manutenção – função estratégica. 4. ed. – Rio de Janeiro: Qualitymark, 2017.
- MATLAKHOV, A. Corrosão e proteção dos materiais. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2011. Apostila.
- MOTTA, Patricia O. de F. J.; Camuzi, Ranieri C. Sistemas de classificação de materiais aplicados à gestão de medicamentos: uma revisão narrativa da literatura. Revista Brasileira de Farmacia 98, 2017, p. 1965 – 1985, janeiro, 2017. Disponível em: < <https://>

- [www.researchgate.net/publication/318405506\\_Sistemas\\_de\\_classificacao\\_de\\_materiais\\_aplicados\\_a\\_gestao\\_de\\_medicamentos\\_uma\\_revisao\\_narrativa\\_da\\_literatura](http://www.researchgate.net/publication/318405506_Sistemas_de_classificacao_de_materiais_aplicados_a_gestao_de_medicamentos_uma_revisao_narrativa_da_literatura) >. Acesso em 20 março 2018.
- MOURA, R. A. Sistemas e técnicas de movimentação e armazenagem de materiais. 5 ed. São Paulo: IMAM, 2005.
- MUNGER, C. G. Corrosion prevention by protective coatings. 2. ed. Houtson: NACE, 1999.
- NACE, International The corrosion Society. Corrosion Costs and Preventive Strategies in the United States. n.FHWA-RD-01-156, 2012. Disponível em: <<http://www.nace.org/uploadedFiles/Publications/ccsupp.pdf>>. Acesso em: Março 2018.
- XAVIER, J. N. Indicadores de manutenção. 2010. Disponível em: <<http://www.dee.ufrn.br/~joao/manut/15%20-%20Cap%EDtulo%2013.pdf>>. Acesso em: 20 março 2018.
- PAOLESCI, B. Almoxarifado e gestão de estoques. 2. ed. São Paulo: Érica, 2013.
- PARMENTER, D. Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs. 1. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2007.
- PEKARČÍKOVÁ, M; Trebuňa, P; Filo, M. Methodology for Classification of Material Items by Analysis ABC/XYZ and the Creation of the Material Portfolio. Applied Mechanics and Materials, 2014. v. 611, p. 358 – 365, agosto, 2014. Disponível em: <<https://www.scientific.net/AMM.611.358>>. Acesso em: 03 abr. 2018.
- ROBERGE, P. R. Handbook of corrosion engineering. 1. ed. Hightstown: McGraw-Hill, 2000.
- SIMCHI-levi, D.; Kaminsky, P; Simchi-Levi, E. Cadeia de Suprimentos Projeto e Gestão – Conceitos Estratégias e Estudos de Caso. Tradução Félix Nonnenmacher. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- SLACK, N; Chambers S.; Harland C.; Harrinson A. Johnstons H. Administração da produção. Tradução Henrique Côrrea, Irineu Gianesi. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- SOURIS, J-P. Manutenção Industrial – custo ou benefício. Tradução Elizabete Batista. Lisboa: Lidel, 1992.
- TANGERINI, M. Implantação de um processo de gestão de estoques em unidades marítimas de armazenagem e escoamento de petróleo. 2012. 123f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- VIANA, J. J. Administração de materiais: um enfoque prático. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

# BIM e *Lean Construction*: Mapeamento do Cenário Atual na Indústria da Construção Civil e sua Importância para o Desenvolvimento dos Profissionais e das Organizações

---

*André Alves Ribeiro<sup>34</sup>, André Cantareli da Silva<sup>35</sup> e Osvaldo Luíz Gonçalves Quelhas<sup>36</sup> e Rubens Walker*

LATEC – Laboratório de Tecnologia, Gestão de Negócios e Meio Ambiente, Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, Rio de Janeiro, Brasil

## 1. Introdução

A construção civil tem um papel de destaque na economia dos países, não sendo diferente no Brasil, onde historicamente é conhecida como uma área de baixa produtividade, baixa eficiência e eficácia, de caráter nômade, com alta rotatividade e baixa qualificação da mão de obra, sem padronização de processos e muito focado em menor preço, às vezes em detrimento da melhor técnica.

A construção civil ainda apresenta problemas que afetam os empreendimentos desde a concepção até a execução dos projetos. Em contrapartida, no Produto Interno Bruto (PIB), a produtividade da construção civil é um fator crítico de sucesso na economia dos países. Segundo esse estudo, se a produtividade da

---

34 LATEC – Laboratório de Tecnologia, Gestão de Negócios e Meio Ambiente; Programa de Mestrado Profissional em Sistemas de Gestão; Universidade Federal Fluminense; Email: andreribeirobr@yahoo.com.br

35 UFF - Universidade Federal Fluminense, Departamento de Ciências Contábeis - Volta Redonda; Email: andrecantareli@id.uff.br

36 LATEC – Laboratório de Tecnologia, Gestão de Negócios e Meio Ambiente; Universidade Federal Fluminense; Email: osvaldoquelhas@id.uff.br

construção civil aumentar em 10%, poderá incrementar o PIB em até 2,5%.

O mercado da construção civil historicamente sempre teve altos e baixos . Nesse contexto a questão principal tem sido a redução dos custos, muitas vezes feita pelo uso de novas tecnologias, como o *Building Information Modeling* (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, mas a simples implementação de novas tecnologias não é sinônimo de mudanças na realidade. Deve-se melhorar a gestão do processo produtivo indo além, com a mudança de paradigmas, cultura, onde se encontra a filosofia *Lean* nas empresas que, aplicada à construção civil, é denominada *Lean Construction* (Construção Enxuta).

O interesse nos conceitos *Lean* do Sistema Toyota de Produção (STP) surgiu principalmente pelo alto grau de competitividade que ele oferecia, onde a Toyota tinha que trabalhar com recursos físicos e financeiros limitados e não podia arcar com desperdícios . A aplicação do conceito *Lean* na construção civil ocorreu pela primeira vez em 1992, através do trabalho de Lauri Koskela (*“Application of the New Production Philosophy to Construction”*).

Mesmo disseminada desde então, essa produção enxuta continua sendo pouco conhecida no contexto dos detalhes, maturidade e aplicação prática em empresas . Pode-se observar que o estudo que integra a tecnologia BIM e a teoria da construção enxuta ainda se encontra nos estágios iniciais .

Assim sendo, o presente capítulo tem como objetivo, de forma exploratória, realizar uma pesquisa sistemática da literatura nos periódicos das bases *Scopus* e *Web of Science*, acessados pelo portal CAPES e o banco de dados dos congressos anuais do *International Group of Lean Construction* (IGLC), unindo os temas *BIM* e *Lean Construction*. Dessa forma, descobrir como tem evoluído os estudos da integração entre os dois temas nos Brasil e no mundo ao longo dos anos, assim como mapear pontos pouco explorados na literatura. Os resultados desse trabalho podem servir como fonte de consulta para novas pesquisas sobre o tema.

## 2. Estudo de Caso

Para analisar a evolução do tema ao longo dos últimos 5 (cinco) anos, a seguir apresenta-se a síntese dos artigos em ordem cronológica.

- Artigos publicados em 2013

Al Hattab e Hamzeh elaboraram dois modelos de processos, sendo um em CAD 2D tradicional e outro utilizando BIM. Os resultados da comparação mostram uma alta capacidade de transformar a fase de projeto tradicional em um processo de projeto enxuto pelo uso do BIM, assim como a importância do fluxo de informações ao longo do processo.



Baldauf, Miron e Formoso propuseram um modelo para identificar os requisitos dos clientes e ajudar a tomada de decisão em moradias de baixa renda, tanto do lado das empresas construtoras, quanto das agências financiadoras e controladoras. O modelo requer uma padronização nos requisitos técnicos do *software* de modelagem, assim como treinamento dos profissionais envolvidos.

Clemente e Cachadinha realizaram um estudo de caso através do mapeamento do fluxo de valor num projeto de revitalização de uma estação ferroviária, onde foi possível gerar um suporte visual 3D do processo de infraestrutura e fluxo de trabalho, permitindo a identificação das várias restrições e a detecção de possíveis colisões e conflitos na construção, conforme prescrito pelos princípios *Lean*. Atividades que não geravam valor e diminuía a produtividade foram eliminadas.

Dave, Boddy e Koskela utilizaram um *software* BIM (*VisiLean*) num projeto de instalação de pórticos de controle de tráfego automatizados em uma grande rodovia do Reino Unido. O principal objetivo deste projeto foi reduzir o congestionamento e melhorar o fluxo de tráfego, especialmente durante os horários de pico. A principal lição aprendida durante o piloto foi que para se ter sucesso em qualquer sistema de *software*, é importante não só ter o modelo BIM apropriado, é igualmente importante que seja desenvolvido com recursos paramétricos apropriados, nível apropriado de detalhe e estruturado com o processo de construção em mente.

- Artigos publicados em 2014

Wen Y. demonstra, através de caso real numa construção de aproximadamente 150.000 m<sup>2</sup>, que a introdução da teoria da *Lean Construction* e tecnologia BIM nos projetos de construção civil pode efetivamente melhorar a eficiência do projeto, reduzir o valor das atividades que não agregam valor, controlar os custos de maneira eficiente, maximizar o valor do projeto e atender às necessidades do cliente.

Yongge X. e Cheng Q. relatam a técnica combinada entre a tecnologia BIM e o conceito de *Lean Construction* para sua aplicação no gerenciamento de custos de projeto de engenharia de edificações ao longo do ciclo de vida, a análise de custo enxuto e a pesquisa de controle. Esta tecnologia combinada mostra-se não apenas como a principal característica das empresas de construção, mas também como referência na melhoria da eficiência da produção, bem como na competitividade.

Khan e Tzortzopoulos aplicaram um estudo em dois projetos de edifícios com a junção de *Last Planner System* (LPS) e BIM. O objetivo foi melhorar o fluxo de trabalho na construção de projetos através de recursos que reduzem o desperdício e aumentam a eficiência. A união dessa ferramenta *Lean* com o BIM forneceram aos praticantes dos dois projetos um processo sistemático de planejamento e controle da produção que estava focado na melhoria e confiabilidade do fluxo de trabalho.

Laine, Alhava e Kiviniemi citam que a informação necessária para um projeto é produzida por várias partes e muitas vezes de forma fragmentada, inconsistente ou em formato impraticável. Muito tempo é desperdiçado, o que significa que o valor é destruído, em busca de informações necessárias para atividades no canteiro de obras, devido ao fato de que mesmo que a informação exista em algum lugar dos documentos, ela não estará facilmente disponível. Uma das formas de melhorar esse cenário é através da combinação da gestão visual com o BIM, utilizando para isso o Mapeamento do Fluxo de Valor e a análise da causa-raiz. O artigo mostrou que essa forma de gestão facilita o gerenciamento de informações *Lean*, reduzindo o retrabalho e o tempo gasto em espera, aumentando a qualidade integrada e aumentando o fluxo na produção.

Spitler propõe uma estrutura para explorar a capacidade de construção do modelo com base nos princípios básicos do *Last Planner System* (LPS). O estudo analisa o estado atual da coordenação BIM e propõe controles ativos para garantir a construtibilidade. O estado futuro ideal é que todos os contratados sejam intrinsecamente incentivados a produzir um modelo construtível. A precisão de cada modelo contribui para a construtibilidade do modelo do projeto. A conclusão é que a colaboração entre as partes envolvidas é peça primordial para a criação de um modelo construtível.

Taboada e Garrido-Lecca aplicaram numa empresa a tecnologia BIM para fazer a detecção de interferências, garantir a compatibilidade de engenharia, gerar um modelo 3D com informações dos componentes que fazem parte do projeto e obter automaticamente estimativas de quantidades de material. Essa aplicação concluiu que o custo total é aproximadamente o mesmo em comparação com o método tradicional, no entanto, existem vantagens adicionais nos estágios finais do projeto contando com um modelo 3D. Embora não necessariamente reduzindo o custo do desenvolvimento de um orçamento, modificando o processo de estimativa de quantidades usando uma tecnologia BIM, na verdade, reduz o tempo de processamento da proposta técnica e financeira, em percentuais similares ao da aceleração na estimativa de quantidades e, assim, alcançar um fluxo de trabalho mais eficiente ao fazer uma proposta.

- Artigos publicados em 2015

Mahalingam *et al.* demonstram, em dois estudos de caso em estações de metrô na Índia, que a adoção do BIM, juntamente com as práticas enxutas, reduzem questões relacionadas à coordenação dentro da organização do projeto. Modelagem de informações de construção em conjunto com práticas enxutas pode, portanto, ser usado em projetos de construção civil para melhorar o desempenho do projeto.

O estudo contribui para a prática indicando que os gerentes de projeto podem se beneficiar investindo em práticas enxutas antes de implementar o BIM, afim de assegurar que o investimento financeiro nas ferramentas BIM produzirá

retornos aceitáveis. Nos dois estudos de caso foi analisada apenas a prática enxuta do LPS, o que sugere que outras práticas sejam avaliadas em estudos futuros.

Ben-Alon e Sacks criaram um modelo de simulação baseado em agentes para estudar e melhorar o controle de produção em processos de construção. O modelo representa a tomada de decisão, o conhecimento e a incerteza dos indivíduos. A contribuição desta pesquisa está no desenvolvimento do *Agent-Based Simulation* (ABS) e demonstração de sua utilidade para testar o potencial de diferentes modos de controle de produção e termos comerciais em um canteiro de obras. A construção enxuta e a pesquisa BIM revelaram o potencial de novas formas de organizar a produção no local que exploram os benefícios do fluxo de tração e um planejamento completo, porém flexível.

Cheng e Kumar demonstram uma estrutura baseada em modelagem de informações de construção (BIM) para planejamento e gerenciamento de logística de material automatizado, utilizando o *software* Revit. O sistema aproveita a tecnologia BIM para automatizar a criação de programações carregadas de recursos, que são usadas como base para o planejamento do *layout* do *site* e da logística do material. Esse sistema permite que os subcontratados previnam os efeitos adversos dos atrasos de construção na logística de materiais de um *site* e, portanto, planejem antecipadamente para mitigá-los. Também melhora a coordenação entre fornecedores e contratados, fornecendo atualizações em tempo real sobre informações de pedidos de materiais.

Cheng, Won e Das observam que a quantidade de resíduos gerados nos processos de construção e demolição (C & D) é enorme. Os resíduos de C & D são gerados devido a projetos inadequados, baixa aquisição e planejamento, manuseio ineficiente de material, resíduos de matérias primas e mudanças inesperadas nas fases de projeto, construção e demolição. Porém esse estudo não fornece benefícios esperados ou reais associados à minimização e gerenciamento de resíduos de C & D usando as abordagens baseadas em algumas propostas BIM. Cita que futuramente essas abordagens serão testadas em projetos pilotos BIM.

Dave *et al.* relatam que existem problemas significativos na produção e no gerenciamento da cadeia de suprimentos, no gerenciamento de informações e no gerenciamento de projetos dentro do ciclo de vida da construção. A pesquisa tem como princípio central incorporar ou vincular informações contextuais relacionadas a produtos e processos, que precisam ser comunicadas aos envolvidos que atuam nelas em toda a cadeia de suprimentos, dentro dos próprios produtos. Apesar de saber que ainda não há uma visão unificada para resolver esses problemas em todo o ciclo de vida, a proposta tenta resolver esses problemas por meio de uma combinação de soluções de tecnologia de produto de processo. Prevê-se também que haverá muitos obstáculos na concretização desta integração, que é uma visão de médio a longo prazo e que tem potencial para alterar o ciclo de vida do ambiente construído.

Spitler *et al.* , através de um estudo de caso, onde analisam a causa raiz de falhas de construção e identificação de seus relacionamentos com elementos em BIM, propõem mudanças de processo para que as equipes identifiquem com

mais eficiência os problemas de construtibilidade nos modelos BIM e, assim, aproveitem o processo BIM para melhorar a confiabilidade do planejamento do trabalho de campo. O estudo comprova que a tecnologia BIM é uma forma útil de identificação de problemas e que pode contribuir para melhores práticas na construção.

Tillmann *et al.* apresentaram um estudo de caso de uma complexa construção, onde discutem o uso do BIM para apoiar o seu gerenciamento integrado e os desafios enfrentados durante sua implementação. A pesquisa descreve como a equipe usou princípios de construção enxuta para superar alguns desses desafios, contribuem para articular os desafios enfrentados ao usar o BIM como suporte a práticas gerenciais e ilustram como o uso de princípios enxutos alavancam a tecnologia BIM. Concluem que o nível de maturidade é muito importante para usufruir dos benefícios BIM, além do planejamento prévio para alinhar as expectativas de utilização.

- Artigos publicados em 2016

Jeong *et al.* defendem o uso de simulações computacionais como ferramenta de avaliação do processo de produção e BIM como uma fonte de dados confiável. O *framework* proposto na pesquisa leva todas as partes ao longo da cadeia de fornecimento a atingir o nível esperado de eficiência e planos de produção confiáveis para o canteiro de obras e, como resultado, o desperdício de tempo, dinheiro, equipamento e materiais são minimizados.

Tauriainen M. *et al.* apresentaram, através de uma revisão da literatura e entrevistas com profissionais da área, problemas típicos de gerenciamento de projeto estrutural e de serviços de construção no contexto da implementação do BIM, sendo métodos e ferramentas de melhoria sugeridos na sequência.

Abou-Ibrahim e Hamzeh relatam que nos modelos BIM, sendo orientados a objetos, os profissionais precisam decidir sobre as informações gráficas e não-gráficas dos elementos do modelo para atender às necessidades dos usuários seguintes durante todo o processo de modelagem, que é uma nova tarefa ausente nos procedimentos tradicionais. Para enfrentar esse problema, a indústria criou a noção de Nível de Desenvolvimento (LOD – *Level of Development*) para orientar o desenvolvimento do conteúdo do modelo. Os resultados desse estudo destacam a importância de relacionar o LOD ao contexto do projeto, definir quais variáveis do LOD estão contribuindo para o valor do LOD geral e apresentar um referencial teórico para aprimorar a implementação de LOD em projetos BIM.

Beck *et al.* definem que o Gerenciamento de Instalações (*Facilities Management* - FM) inclui todos os serviços necessários para suportar o *core business* de uma empresa em um edifício. Para isso são necessárias muitas informações que são perdidas ao longo do tempo devido à característica fragmentada e temporária de partes envolvidas. Nisso surge o BIM, como um método promissor para fornecer dados não apenas nas fases de planejamento e construção, mas ao longo

de todo o ciclo de vida. O uso de modelos de informação digital permite funcionalidades adicionais, reduz o esforço de tempo, melhora a colaboração e fornece um fluxo contínuo de dados ao longo do ciclo de vida de um edifício. Para esse efeito, faz-se necessária uma maior interoperabilidade de sistemas e processos do BIM com os *softwares* tradicionais do FM e mais métodos devem ser estudados.

Filho *et al.* avaliam a solicitação de informações (*Request for Information - RFI*) associada à interface entre arquitetura e estrutura de um modelo BIM. O artigo teve como objetivo melhorar a interface do projeto de arquitetura e auxiliar as equipes de construção virtual sobre o que observar e como identificar problemas de projeto antes de serem levados para o canteiro de obras. O processo de construção virtual e uso de RFIs tem a capacidade de minimizar o número de mudanças, conflitos contratuais, retrabalhos, aumentos orçamentários e atrasos durante a obra.

Fosse *et al.* exploraram, num estudo de caso de uma obra de construção civil pesada, que compreender as rotinas de trabalho das pessoas e estabelecer o nível certo de expectativa do BIM para o projeto permitiu que a equipe do projeto explorasse com sucesso as oportunidades do BIM. O estudo forneceu evidências de que uma implementação ambiciosa do BIM é possível mesmo com pré-requisitos desafiadores, como nenhuma exigência contratual para utilização do BIM, pouca experiência da equipe de projeto sobre o BIM e distância geográfica significativa entre os membros da equipe. Como nem todas as funcionalidades BIM foram utilizadas no estudo em questão, os autores citam outras oportunidades de aplicação, como: planejamento da produção, monitoramento de custos, treinamento de segurança, logística, *facilities management*.

Haiati *et al.* descrevem que a simulação 4D (vinculação de modelo 3D com cronograma) em BIM, na prática, tem um processo de entrada de dados demorado, tornando o emprego deste procedimento muitas vezes proibitivo em termos de custos. Dessa forma o estudo buscou apoiar o desenvolvimento de um procedimento que automatiza a geração de um cronograma de obras a partir dos dados de um modelo BIM padrão, de forma a mudar o panorama atual. A pesquisa concluiu que o método BIM requer um trabalho muito estruturado e disciplinado, que é necessário mais esforço nas fases iniciais de um projeto em termos de modelagem, tomada de decisão e fornecimento de procedimentos e bancos de dados necessários. Mais pesquisas são necessárias para abordar as limitações e para demonstrar os ganhos de eficiência esperados.

Mollasalehi *et al.* estudaram os efeitos potenciais da integração desses dois conceitos *Lean* e BIM para reduzir o desperdício de construção. O artigo apresenta uma estrutura, denominada Estrutura de Resíduos Experimentais, através dos quais os resíduos podem ser identificados e reduzidos no processo de projeto. A estrutura deve ser considerada como uma tentativa inicial de encontrar métodos amplamente aceitos, mas a validação adicional da estrutura proposta é útil para refiná-la e torná-la mais eficaz. Além disso, testar a estrutura em um projeto real e usar a técnica Delphi para saber mais opiniões sobre ela é sugerido para a pesquisa futura.

Murvold *et al.* estudaram a experiência do uso de estações BIM nas obras, que pode ser melhor caracterizada como uma ferramenta de informação no local, tipicamente como um computador conectado a uma tela de TV. O objetivo da pesquisa foi mapear o uso das estações BIM, além da atitude e do comportamento do usuário. A pesquisa revelou que os trabalhadores experimentam economia de tempo com as estações BIM, onde relataram maior produtividade devido a ter as informações necessárias disponíveis em todos os momentos. Também foi observado a necessidade de treinamentos, estações adicionais, mudança cultural da mentalidade e mais estudos para uma inferência estatística sobre o tema.

Neto buscou identificar as principais questões relacionadas aos aspectos estratégicos do BIM na indústria da construção, utilizando o conhecimento prático da implementação da mentalidade enxuta. O autor cita que a tecnologia BIM deve ser considerada como um processo estratégico que envolve mudança organizacional e inovação, além de aspectos técnicos. No entanto, muitas publicações (técnicas e acadêmicas) estão concentradas apenas em aspectos técnicos, explicando como usar *software* relacionado ao BIM ou como desenvolver o BIM em um projeto específico, porém muitos problemas são organizacionais e relacionados à inovação. Fatores técnicos não são suficientes para apoiar um processo de implementação profundo e contínuo, assim sendo, é necessário investir profundamente no processo organizacional e nos aspectos humanos, os agentes reais de mudança, porque afetam diretamente a cultura organizacional.

Perez realizou um levantamento bibliográfico dos principais estudos de 4D BIM, com foco em operações logísticas, a fim de identificar oportunidades e fornecer o estado da arte para o planejamento de *layout* do *site* e gerenciamento de espaço de trabalho. Embora tenha sido possível destacar os principais usos de 4D BIM pela comunidade de gerenciamento de construção nos últimos dez anos para fins de logística, mais estudos com foco nos fluxos de trabalho são necessários para reduzir os problemas diários de logística nos locais de trabalho.

Tillmann e Sargent buscaram avançar na integração do BIM com o LPS (*Last Planner System*) como meio de melhorar o fluxo de trabalho em projetos complexos e de ritmo rápido. Pode-se destacar como principal benefício do BIM para o LPS a capacidade de acessar o modelo em campo, comparar, documentar as discrepâncias quando observado e informar rapidamente a equipe do projeto sobre eles, assim como avaliar a construtibilidade. Muito mais pesquisas são necessárias para alcançar a maturidade desejada nos estudos existentes.

Toledo *et al.* propõem o desenvolvimento de métodos práticos através de uma estrutura de planejamento *Lean* - BIM integrando o *Last Planner System* (LPS) e o BIM. A pesquisa comparou dois estudos de caso: um usando apenas LPS e o outro usando LPS e BIM. A proposta LPS + BIM facilita a interação de um número maior e diversificado de partes interessadas do projeto nas reuniões de planejamento, tornando-as mais eficazes e com melhor comunicação. Mas como os estudos foram realizados na etapa da estrutura de concreto armado, são

necessários mais estudos em outras etapas das obras, como instalações e acabamentos, assim como com outras equipes de trabalho.

Vesterino *et al.* definiram o que é uma estação BIM e exploraram como ela pode ser usada para implementar os princípios *lean*. Uma estação BIM pode ser melhor caracterizada como uma ferramenta de informação no local, no caso específico na própria obra. Existem muitas interações interessantes entre essas estações BIM e a *lean construction* (construção enxuta), que estão ajudando a reduzir o volume de atividades que não agregam valor. Os autores concluem que outros pesquisadores podem estudar o potencial do uso de *tablets* e *smartphones* na obra.

- Artigos publicados em 2017

Para Liu J. e Shiu G. propõem, em seu estudo, um sistema de controle de qualidade KanBIM, baseado na teoria *Last Planner System* (LPS) e a tecnologia BIM. No sistema, um processo KanBIM QC é iniciado e realizado através do plano mestre, do plano prospectivo, do plano semanal e do plano de implementação. O sistema de *feedback* leva a uma sinergia com a base de dados BIM para melhorar continuamente a qualidade e o planejamento da obra.

Segundo os mesmos autores, ainda existem alguns obstáculos para a total implementação desse sistema, que são: falta de padrões, altos requisitos técnicos, requisitos de qualificação para os trabalhadores da construção civil e a dificuldade na conversão do pensamento tradicional. Além disso, orientação e incentivo do governo também são necessários, particularmente no desenvolvimento de padrões de tecnologia BIM e normas relacionadas.

Li *et al.* desenvolveram uma ferramenta de aprendizagem prática, que é um jogo de simulação avançado chamado RBL-PHP, onde RBL origina-se de RFID (*Radio Frequency Identification*) – BIM - Lean e PHP significa *Prefabrication Housing Production*. O RBL-PHP simula o processo de PHP desde a fabricação e logística até o local de montagem, integrando uma plataforma BIM habilitada para RFID com a construção enxuta em estudantes e profissionais em treinamento.

A descoberta mais significativa deste estudo é que o RBL-PHP pode ajudar a treinar e ensinar os participantes sobre o conhecimento relacionado à RBL num processo de aprendizagem significativo e eficaz quando comparado com o método de aprendizagem tradicional, que é relacionado a um computador e apresentação multimídia.

Arokiaprakash, Kannan e Prabhu formularam uma análise conceitual da interação entre *Lean Construction* e BIM para melhorar a construção. Mesmo sendo conceitualmente independentes e separados, existe um certo nível de interações e, ao implementar os dois conceitos juntos, o tempo total do projeto poderia ser diminuído, o custo poderia ser otimizado até um limite e a qualidade aumentada a um nível considerável.

Mei *et al.* realizaram uma pesquisa na China e concluem que o IPD (*Integrated Project Delivery*) começou relativamente tarde nesse país, a pesquisa sobre a aplicação IPD mais ainda, a pesquisa sobre BIM e gestão colaborativa está se

aprofundando gradualmente, enquanto a pesquisa combinada de IPD, BIM e LC não tem. O BIM tem hoje uma alta consciência geral na China, enquanto a IPD é relativamente baixa e poucas pessoas entendem os dois.

Alvarenga et al. demonstram, através de um estudo de caso em cursos de Engenharia Civil em 6 universidades públicas do Rio de Janeiro, que embora BIM e *Lean Construction* sejam conhecidos e seus valores reconhecidos, o nível do conteúdo ensinado é avaliado como baixo a muito baixo. Isso é atribuído ao conhecimento técnico relativamente baixo do corpo docente e os altos custos de investimento necessários.

Filho et al. apresentam um novo modelo de construção virtual em BIM, utilizando ferramentas *Lean*, baseado na análise de uma empresa com *know-how* na área, onde se buscou observar como funciona a interação das equipes e o tempo de execução de cada tarefa do processo. Todos os processos envolvidos demandam habilidades, responsabilidade técnica e habilitação que só profissionais qualificados detém.

Bataglin et al. descreveram uma aplicação da modelagem BIM 4D para apoiar o processo de planejamento e controle das operações logísticas em empresa de estruturas pré-fabricadas de concreto. Foi possível identificar que o planejamento das cargas e a utilização de modelos 4D são importantes para a verificação da demanda de produção dos pré-fabricados, contribuem para melhorar a visualização do processo de produção, reduzem os atrasos durante as etapas de montagem, reduzem o estoque e que garantem a produção somente do material necessário para atender a demanda.

Collinge e Connaughton analisam os processos implementados para otimizar o uso do BIM enquanto analisa os problemas encontrados. Observa-se que a mobilização de sistemas abrangentes centrados no BIM é um empreendimento complexo e difícil, com a necessidade de criar novos papéis e responsabilidades. O estudo conclui que somente um ambiente de projeto totalmente colaborativo pode obter todos os benefícios do BIM. É fundamental o modelo de IPI, que permite que a comunicação ocorra com sucesso.

Fosse et al. afirma que BIM e *Lean Construction* tem sido estudados separadamente ao longo dos anos, dessa forma o artigo busca saber como a integração BIM e *Lean Construction* podem ser empregados juntos na prática. A pesquisa foi aplicada em dois estudos de caso, onde em ambos foram identificadas várias abordagens predominantes, principalmente benefícios com integração entre o *Last Planner System* (LPS), BIM e reuniões de ICE (*Integrated Concurrent Engineering*).

Mollasalehi et al. relata que estudos sobre BIM e *Lean Construction* tem sido realizados de forma independentes, mas que a sua integração traria benefícios para o gerenciamento da informação na construção civil. Os autores citam como problemas a falta de comunicação entre os envolvidos, trocas de projetos, informações insuficientes. Também identificaram alguns dos principais desafios de gerenciamento de informações que foram resumidos em quatro categorias principais de sistemas ou ferramentas, que são informações, pessoas, política e estratégia.



Rendek cita que cinco anos atrás os clientes solicitavam projetos em BIM, mas sem ter o verdadeiro entendimento sobre o mesmo, já hoje em dia esse cenário tem mudado e o BIM pode contribuir em todo ciclo de vida do projeto. Para isso também é importante que os clientes sejam envolvidos no processo, detalhem os requisitos, e participem ativamente. A colaboração é um conceito fundamental para usufruir do maior número de benefícios.

Rivera *et al.* realizaram um estudo de caso onde integraram o BrIM (*Bridge Information Modeling*) e o *Lean Construction*, o que melhorou os resultados da fase de planificação do projeto, detectando falhas antes da execução da obra. A aplicação dessa metodologia trouxe vários benefícios, como aumento de confiabilidade na execução das atividades de trabalho, manutenção de um fluxo de trabalho, contingências diminuídas com a falta de recursos, tempos de execução reduzidos, melhor controle de projetos, dentre outros.

Rossini *et al.* criaram uma metodologia e ferramentas para integrar *Building Information Modeling* (BIM) com uma simulação de atividades de trabalhadores. O estudo identificou áreas de trabalho desperdiçadas e a falta de ferramentas para prever a ocupação da área no canteiro de obras, com isso foi possível tornar o canteiro mais eficiente e melhorar o fluxo de trabalho.

Zeng *et al.* exploraram a atual reorganização da cadeia de suprimentos da construção civil causada pela aplicação do BIM. A nova informação criada pela tecnologia de informação e comunicação (TIC) definiu a proteção externa na cadeia de suprimento de construção (CSC – *Construction Supply Chain*). Com base nessas definições, propõe-se o conceito de *look-ahead* (planejamento a médio prazo). Por último, o estudo de caso provou o entendimento básico de integrar a funcionalidade da interface CSC e o mecanismo de *look-ahead* para controle do risco.

### 3. Método

A metodologia de pesquisa adotada foi inspirada no trabalho de Neves, Pereira e Costa, sendo utilizadas duas bases científicas acessadas pelo portal de periódicos CAPES, que são a *Scopus* e *Web of Science*. Essas bases foram escolhidas pelo notório conhecimento no meio acadêmico da vasta abrangência de publicações. Além delas, foi utilizado o banco de dados dos congressos anuais realizados pelo IGLC, que é uma rede internacional de pesquisadores em arquitetura, engenharia e construção (AEC), fundada em 1993, coordenado por Howell e Ballard, que anualmente se reúne para discutir os avanços desse novo paradigma para o sistema de Gestão da Produção na indústria da Construção Civil.

A pesquisa foi realizada no mês de janeiro de 2018, onde foi utilizada a combinação das palavras “*lean construction*” AND *bim* para as bases *Scopus* e *Web of Science*. Para a base do IGLC, onde todas as publicações tratam do tema *Lean Construction*, foi utilizado somente a palavra “*bim*”. O período adotado para

pesquisa contemplou publicações nos últimos 5 (cinco) anos (2013-2017), tratando-se apenas de artigos e buscando pelos títulos.

A partir da busca com as palavras chaves e as devidas restrições de ano de publicação obteve-se 21 artigos na base *Scopus*, 24 artigos na base *Web of Science* e 34 artigos na base *IGLC*.

A partir da leitura e análise crítica do título das publicações inicialmente selecionadas, assim como a exclusão das duplicidades, reduziu-se aos aderentes do tema da pesquisa, resultando em 7 artigos na base *Scopus*, 5 artigos na base *Web of Science* e 33 artigos na base *IGLC*. O quadro 1 sintetiza as características gerais dos 45 artigos selecionados.

**Quadro 1. Lista de artigos selecionados**

Autor	Base de Dados	Ano de publicação	País de origem	Metodologia de Pesquisa
Al Hattab and Hamzeh	IGLC	2013	Líbano	Teórico-conceitual
Baldauf, Miron e Formoso	IGLC	2013	Brasil	Teórico-conceitual
Clemente and Cachadinha	IGLC	2013	Portugal	Estudo de Caso
Dave, Boddy e Koskela	IGLC	2013	Finlândia	Estudo de Caso
Wen	Scopus	2014	China	Estudo de Caso
Yongge e Cheng	Web of Science	2014	China	Teórico-conceitual
Khan and Tzortzopoulos	IGLC	2014	Reino Unido	Estudo de Caso
Laine, Alhava e Kiviniemi	IGLC	2014	Finlândia	Teórico-conceitual
Spitler	IGLC	2014	EUA	Estudo de Caso
Taboada and Garrido-Lecca	IGLC	2014	Peru	Estudo de Caso
Mahalingam, Yadav e Varaprasad	Scopus	2015	Índia	Estudo de Caso
Ben-Alon and Sacks	IGLC	2015	Israel	Teórico-conceitual
Cheng and Kumar	IGLC	2015	China	Teórico-conceitual

Cheng, Won e Das	IGLC	2015	Hong Kong	Teórico-conceitual
Dave, Pikas, Holmström, Singh, Främling, Koskela e Peltokorpi	IGLC	2015	Finlândia	Teórico-conceitual
Spitler, Feliz, Wood e Sacks	IGLC	2015	EUA	Estudo de Caso
Tillmann, Viana, Sargent, Tommelein e Formoso	IGLC	2015	Brasil	Estudo de Caso
Jeong, Chang, Son e Yi	Scopus	2016	Coréia	Teórico-conceitual
Tauriainen, Martinen, Dave e Koskela	Web of Science	2016	Finlândia	Questionários/Entrevistas
Abou-Ibrahim and Hamzeh	IGLC	2016	Líbano	Teórico-conceitual
Beck, Schmalz, Heyl e Binder	IGLC	2016	Alemanha	Estudo de Caso
Filho, Angelim, Guedes, Silveira e Neto	IGLC	2016	Brasil	Estudo de Caso
Fosse, Spliter e Alves	IGLC	2016	Noruega	Estudo de Caso
Haiati, Heyl e Schmalz	IGLC	2016	Alemanha	Teórico Conceitual
Mollasalehi, Fleming, Talebi e Underwood	IGLC	2016	Reino Unido	Questionários/Entrevistas

Autor	Base de Dados	Ano de publicação	País de origem	Metodologia de Pesquisa
Murvold, Vestermo, Svallestuen, Lohne e Lædre	IGLC	2016	Noruega	Estudo de Caso
Neto	IGLC	2016	Brasil	Teórico-conceitual
Perez, Fernandes e Costa	IGLC	2016	Brasil	Revisão da Literatura
Tillmann e Sargent	IGLC	2016	EUA	Estudo de Caso

Toledo, Olivares e González	IGLC	2016	Chile	Estudo de Caso
Vestermo, Murvold, Svaestuen, Lohne e Lædre	IGLC	2016	Noruega	Questionários/Entrevistas
Mei, Wang, Xiao e Yang	Scopus	2017	China	Questionários/Entrevistas
Arokiaprakash, Kannan e Prabhu	Scopus	2017	Índia	Questionários/Entrevistas
Liu e Shi	Scopus	2017	China	Estudo de Caso
Li, Shen, Wu, Fan, Wu H. e Teng	Scopus	2017	Hong Kong	Teórico Conceitual
Filho, Neto e Angelim	Web of Science	2017	Brasil	Estudo de Caso
Rivera, Guerra, Díaz, Chácon e Martínez	Web of Science	2017	Colômbia	Estudo de Caso
Alvarenga, Silva e Mello	Web of Science	2017	Brasil	Estudo de Caso
Bataglin, Viana, Formoso e Bulhões	IGLC	2017	Brasil	Teórico-conceitual
Collinge and Connaughton	IGLC	2017	Reino Unido	Estudo de Caso
Fosse, Ballard e Fischer	IGLC	2017	EUA	Estudo de Caso
Mollasalehi, Rathnayake, Aboumoemen, Underwood, Fleming, Kulatunga e Coetes	IGLC	2017	Reino Unido	Revisão da Literatura
Rendek	IGLC	2017	EUA	Questionários/Entrevistas
Rossini, Novembri e Fioravanti	IGLC	2017	Itália	Teórico-conceitual
Zeng, König e Teizer	IGLC	2017	Alemanha	Estudo de Caso

Na primeira coluna foram listados os autores das publicações, na segunda coluna a respectiva base de origem, seguido pelo ano na terceira coluna. A quarta coluna apresenta o país de origem da publicação e a última coluna a metodologia de pesquisa utilizada pelos autores.

## 4. Resultado

Analisando os 45 artigos selecionados sob a ótica da estatística descritiva, foi feita a seguinte classificação: (1) Análise por ano de publicação – representada pelas figuras 1 e 2; (2) Análise por país de origem – representada pela figura 3; (3) Análise por metodologia de pesquisa – representada pela figura 4.

A figura 1 apresenta o número de publicações por ano.

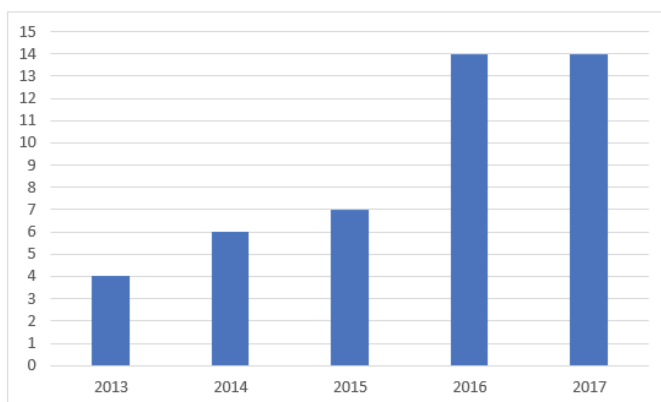


Figura 1. Lista de artigos selecionados

Observa-se que o ano de 2013 teve o menor número de publicações, apenas 4, seguido pelo ano de 2014 com 6 artigos e depois 2015 com 7 artigos. Em 2016 foram 14 artigos e em 2017 um total de 14.

A figura 2 apresenta o percentual de publicações por ano sobre o total.

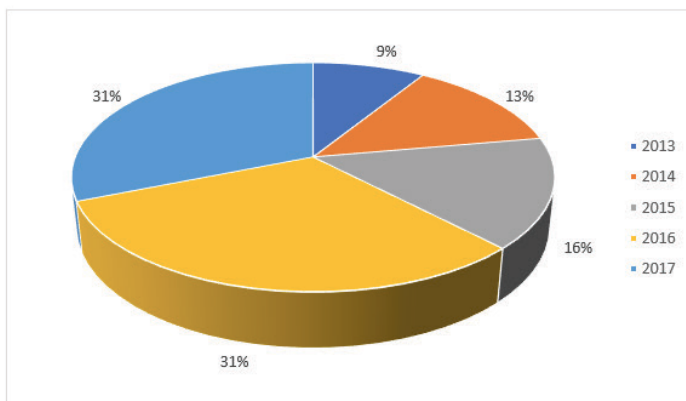


Figura 2. Percentual de publicações por ano

Como descrito anteriormente, os anos de 2016 e 2017 empataram com o mesmo número de publicações.

A figura 3 representa a análise por país de origem.

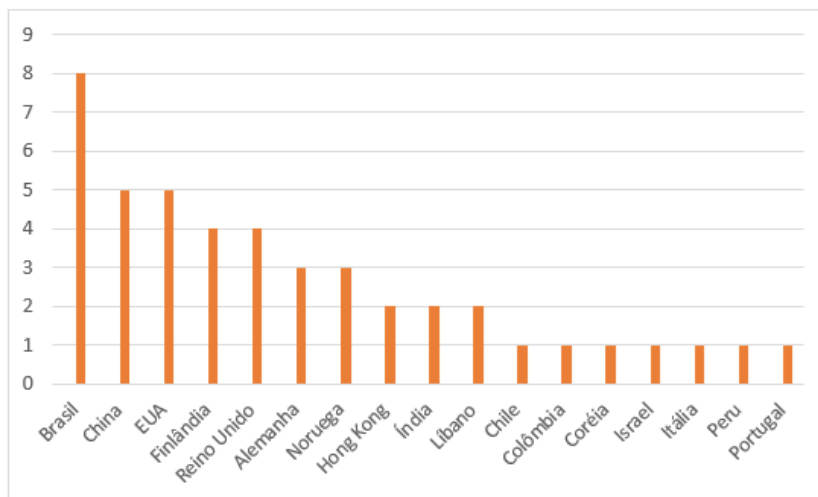


Figura 3. Publicações por país de origem

Observa-se uma concentração dos estudos no Brasil, seguidos pela China e Estados Unidos. Ao todo foram detectados 17 países de origem.

Completando, a figura 4 apresenta a análise por metodologia de pesquisa utilizado no presente capítulo.

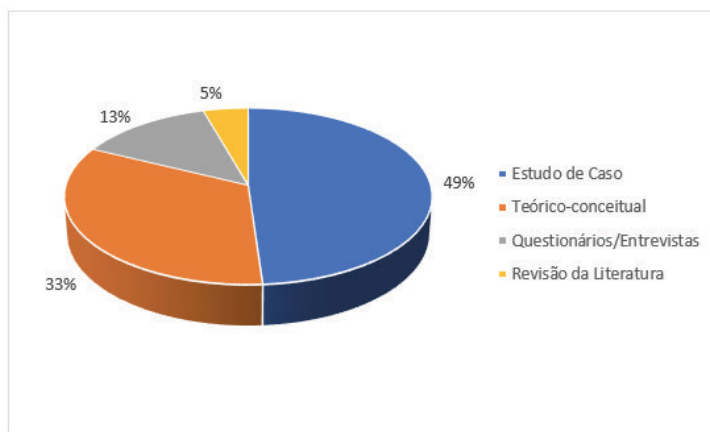


Figura 4. Análise da metodologia de pesquisa

Observa-se que o método de estudo de caso, se repetiu mais vezes nas publicações estudadas, com 49%, o que de fato enriquece e muito a análise que se objetivou realizar.

## 5. Conclusão

O objetivo proposto inicialmente foi alcançado ao mapear os pontos pouco explorados na literatura sobre BIM e *Lean Construction* no âmbito do Brasil e do mundo. Foi apresentada uma pesquisa de revisão de literatura sobre a sinergia BIM e *Lean Construction*. Ao todo, 45 trabalhos selecionados da base *Scopus*, base *Web of Science* e do *International Group of Lean Construction* (IGLC) foram analisados. A análise desses artigos permitiu o mapeamento dessas publicações à luz dos seguintes descritores: metodologia de pesquisa adotada; evolução cronológica de publicação; país de origem; base de dados; e abordagens pouco exploradas.

Como resultado do estudo, o primeiro ano do período avaliado teve como registro apenas 4 documentos. Pode-se observar também que o maior número de trabalhos analisados foi publicado nos anos de 2016 e 2017 (14 artigos em cada ano). É interessante notar que a metodologia mais utilizada é de estudo de caso, no contexto dos artigos analisados, representando 48,9% das ocorrências nesses artigos. Com referência ao posicionamento geográfico dos artigos utilizados na pesquisa, conclui-se que a maioria foi publicada na Europa (35,6%), seguida pela Ásia (28,9%). O Brasil aparece é o país com o maior número de publicações no mundo, com 17,8% do total.

O presente trabalho limitou-se a aplicar a metodologia à análise de periódicos indexados em duas bases de indexação disponíveis no portal de periódicos da CAPES, com o filtro “artigos”, e base do IGLC. Para ampliar o campo de pesquisa e evitar a limitação maior associada ao fato da amostra contemplar apenas os artigos indexados no Scopus ou Web of Science, embora seja notoriamente reconhecida a qualificação dos indexadores destas bases, a base do IGLC foi considerada.

Com base no estudo desenvolvido, na elaboração da metodologia proposta e na experiência obtida no decorrer da sua aplicação são propostas as seguintes sugestões para desenvolvimentos futuros: pesquisar em outras bases como, por exemplo, a Scielo, a Engineering Village, Wiley e Emerald.

Esta pesquisa também identifica que ainda é pouco explorado a intervenção no processo organizacional e nos aspectos humanos, que são os verdadeiros propulsores das mudanças, porque contribuem diretamente na cultura organizacional. A revisão de literatura apresenta o que pode ser feito e os benefícios do BIM e *Lean Construction*, mas observa-se como outra sugestão descrever como é feito na prática.

# Referências

- SARCINELLI W T. Construção enxuta através da padronização de tarefas e projetos. Dissertação. Universidade Federal de Minas Gerais. Vitória; 2008.
- IBRAHIM A. et al. Analyzing the dynamics of the global construction industry: past, present and futura. *Benchmarking: An International Journal*, v.17, n.2, pp.232-252; 2010.
- DIEPENBRUCK T M. Aprimoramento do Sistema de Gestão da Produção em empresa Construtora utilizando Lean Thinking – Estudo de Caso. Dissertação. Universidade de São Paulo; 2017.
- KOSKELA, L. Moving on beyond Lean Thinking. *Lean Construction Journal*, Louisville: v. 1, Issue 1, p. 24-37; 2004.
- SAURIN T A et al. Identificação de Oportunidades de Pesquisa a partir de um levantamento da implantação da produção enxuta em empresas do Brasil e do Exterior. *Gest. Prod.*, v.17, n.4, p. 829-841. São Carlos; 2010.
- LIU J, et al. Quality control of a complex lean construction project based on KanBIM technology. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*; 2017.
- AL HATTAB M, Hamzeh F. Information Flow Comparison Between Traditional and Bim-Based Projects in the Design Phase. Fortaleza: 21th International Group of Lean Construction Conference; 2013.
- BALDAUF J P, et al. Using BIM for Modeling Client Requirements for Low-Income Housing. Fortaleza: 21th International Group of Lean Construction Conference; 2013.
- CLEMENTE J, Cachadinha N. BIM-Lean Synergies in the Management on MEP Works in Public Facilities of Intensive Use - a Case Study. Fortaleza: 21th International Group of Lean Construction Conference; 2013.
- DAVE B, et al. Challenges and Opportunities in Implementing Lean and BIM on a Infrastructure Project. Fortaleza: 21th International Group of Lean Construction Conference; 2013.
- WEN Y. Research on Cost Control of Construction Project Based on the Theory of Lean Construction and BIM Case Study. *The Open Construction and Building Technology Journal*, 8, 382-388; Sharjah: 2014.
- YONGGE X, Cheng Q. Lean Cost Analysis Based on BIM Modeling for Construction Project. *Applied Mechanics and Materials*. Vols. 457-458; 2014.
- KHAN S, Tzortzopoulos P. Effects of the Interactions Between LPS and BIM on Workflow in Two Building Design Projects. Oslo: 22th International Group of Lean Construction Conference; 2014.
- LAINE E, et al. Improving Built-in Quality by Bim Based Visual Management. Oslo: 22th International Group of Lean Construction Conference; 2014.



- SPITLER L E. The Effect of Inter-Team Dynamics on the Constructability of the BIM Model. Oslo: 22th International Group of Lean Construction Conference; 2014.
- TABOADA J A, Garrido-Lecca A. Case Study on the Use of BIM at the Bidding Stage of a Building Project. Oslo: 22th International Group of Lean Construction Conference; 2014.
- MAHALINGAN A, et al. Investigating the role of lean practices in enabling BIM adoption Evidence from two indian cases. J. Constr. Eng. Manage. Florida: ASCE; 2015.
- BEN-ALON L, Sacks R. Simulating and Visualising Emergent Production in Construction (EPIC) Using Agents and BIM. Perth: 23th International Group of Lean Construction Conference; 2015.
- CHENG J C P, Kumar S. A BIM-Based Framework for Material Logistics Planning. Perth: 23th International Group of Lean Construction Conference; 2015.
- CHENG J C P, et al. Construction and Demolition Waste Management Using BIM Technology. Perth: 23th International Group of Lean Construction Conference; 2015.
- DAVE B, et al. Intelligent Products- Shifting the Production Control Logic in Construction (With Lean and BIM). Perth: 23th International Group of Lean Construction Conference; 2015.
- SPITLER L, et al. Constructible Bim Elements a Root Cause Analysis of Work Plan Failures. Perth: 23th International Group of Lean Construction Conference; 2015.
- TILLMANN P, et al. BIM and Lean in the Design production Interface of ETO Components in Complex Projects. Perth: 23th International Group of Lean Construction Conference; 2015.
- JEONG W, et al. BIM-Integrated Construction Operation Simulation for Just-In-Time Production Management. *Periódico Sustainability*, 8, 1106; 2016.
- TAURIAINEN M, et al. The Effects of BIM and Lean Construction on Design Management Practices. Budapest: Creative Construction Conference, CCC 2016, 25-28; 2016.
- ABOU-IBRAHIM H, Hamzeh F. BIM- A TFM Perspective to Manage Design Using the LOD Concept. Boston: 24th International Group of Lean Construction Conference; 2016.
- BECK S, et al. Optimizing the Value Stream Application of Bim in Fm. Status Quo in Germany. Boston: 24th International Group of Lean Construction Conference; 2016.
- FILHO J B P D, et al. Constructability Analysis of ArchitectureStructure Interface Based on BIM. Boston: 24th International Group of Lean Construction Conference; 2016.
- FOSSE R, et al. Deploying BIM in a Heavy Civil Project. Boston: 24th International

- Group of Lean Construction Conference; 2016.
- HAIATI O, et al. BIM and Sequence Simulation in Structural Work Development of a Procedure for Automation. Boston: 24th International Group of Lean Construction Conference; 2016.
- MOLLASALEHI S, et al. Development of an Experimental Waste Framework Based on Bim-Lean Concept in Construction Design. Boston: 24th International Group of Lean Construction Conference; 2016.
- MURVOLD V, et al. Experiences From the Use of BIM-Stations. Boston: 24th International Group of Lean Construction Conference; 2016.
- NETO, J P B. Approach for Bim Implementation- A Vision for the Building Industry. Boston: 24th International Group of Lean Construction Conference; 2016.
- PEREZ, C T, et al. A Literature Review on 4d Bim for Logistics Operations and Workspace Management. Boston: 24th International Group of Lean Construction Conference; 2016.
- TILLMANN P, Sargent Z. Last Planner & Bim Integration- Lessons From a Continuous Improvement Effort. Boston: 24th International Group of Lean Construction Conference; 2016.
- TOLEDO M, et al. Exploration of a Lean-Bim Planning Framework - A Last Planner System and Bim-Based Case Study. Boston: 24th International Group of Lean Construction Conference; 2016.
- VESTERMO A, et al. BIM-Stations- What It Is and How It Can Be Used to Implement Lean Principles. Boston: 24th International Group of Lean Construction Conference; 2016.
- LIU J, Shi G. Quality Control of a Complex Lean Construction Project Based on KanBIM Technology. Londres: EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education; 2017.
- LI X, et al. RBL-PHP Simulation of Lean Construction and Information Technologies for Prefabrication Housing Production. J. Manage. Eng. Flórida: ASCE; 2017.
- AROKIAPRAKASH A, et al. Formulize construction and operation management by integrating BIM and Lean. Taminaldu: International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), Vol 8, issue 4, pp 991-1001; 2017.
- MEI T, et al. Rent-seeking behavior of BIM-and IPD-based construction project in China. <http://dx.doi.org/10.1108/ECAM-11-2015-0178> ; 2017
- ALVARENGA T W et al. BIM and Lean Construction The Evolution Obstacle in the Brazilian Civil Construction Industry. Engineering, Technology & Applied Science Research, Vol 7, n. 5, pp 1904-1908; 2017.

- FILHO J B P D, et al. Mapeamento do fluxo de valor de processo de construção virtual baseado em BIM. *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 343-358; 2017.
- BATAGLIN F S, et al. Application of Bim for Supporting Decisionmaking Related to Logistics in Prefabricated Building Systems. Heraklion: 25th International Group of Lean Construction Conference; 2017.
- COLLINGE B, Connaughton J. Mobilizing Bim in a Collaborative Project Environment. Heraklion: 25th International Group of Lean Construction Conference; 2017.
- FOSSE R, et al. Virtual Design and Construction - Aligning BIM and Lean in Practice. Heraklion: 25th International Group of Lean Construction Conference; 2017.
- MOLLASALEHI S, et al. How BIM-Lean Integration Enhances the Information Management Process in the Construction Design. Heraklion: 25th International Group of Lean Construction Conference; 2017.
- RIVERA O G S, et al. BrIM 5D models and Lean Construction for planning work activities in reinforced concrete bridges. *Revista Facultad de Ingeniería (Rev. Fac. Ing.)* v. 26 (46), pp. 39-50. Tunja-Boyacá; 2017.
- RENDEK A. Re(de)fining Project Delivery With Life Cycle BIM. Heraklion: 25th International Group of Lean Construction Conference; 2017.
- ROSSINI F L, et al. BIM and Agent-Based Model Integration for Construction Management  
OPTIMIZATION. Heraklion: 25th International Group of Lean Construction Conference; 2017.
- ZENG N, et al. Off-Site Guarding- Look-Ahead Supply Scheduling for Risk Indication With BIM. Heraklion: 25th International Group of Lean Construction Conference; 2017.
- NEVES R B et al. Auxílio multicritério à decisão aplicado ao planejamento e gestão na indústria de petróleo e gás. *Production*, v. 25, n. 1, p. 43-53; 2015.

# Aplicação do Projeto *Lean Kaizen* em uma Empresa de Pequeno Porte: Um Estudo de Caso

---

*Jéssica Alves Justo Mendes*<sup>37</sup>, *Carlos Alberto Chaves*<sup>38</sup> e *Thiago Bittencourt Leite*<sup>39</sup>

<sup>(1)</sup>Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil

<sup>(2)</sup>Universidade Federal Fluminense (UFF), Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil

<sup>(3)</sup>AGS AeroHoses, Cruzeiro, São Paulo, Brasil

## 1. Introdução

As micro e pequenas empresas proporcionam um aumento de oportunidades de emprego e dos níveis de consumo e de renda, sendo uma grande fonte de crescimento econômico para um país. Entretanto, cerca de 60% destas empresas não sobrevivem mais que cinco anos no mercado (SEBRAE-SP 2014).

Nota-se, então, a necessidade das micro e pequenas empresas estarem em constante aprimoramento, buscando sempre apresentar altos níveis de qualidade e produtividade, aumentando assim, suas chances de sucesso.

Para alcançar este fim, é necessária uma gestão competente, que invista na qualidade de seus produtos, e no aperfeiçoamento de seus processos, reduzindo desperdícios e aumentando sua produtividade (McLean 2015).

A filosofia *Lean* (também conhecida como *Lean Manufacturing* ou Manufatura Enxuta) traz grandes vantagens para empresas de pequeno porte, podendo ser utilizada em todas as áreas de uma empresa (marketing, vendas, produção, etc.), impulsionando o crescimento das mesmas (Elbert 2013).

A filosofia *Lean* pode ser definida como um sistema que disponibiliza, para todas pessoas de todos os níveis de uma empresa, formas de pensar e ferramen-

---

37 Jessy.a.j.mendes@hotmail.com

38 cachaves@id.uff.br

39 thiago@agsaero.com.br

tas, visando a eliminação de desperdícios que acontecem durante os processos, aliado a introdução de programas de melhoria contínua (Chiarini 2013).

Uma organização *Lean* baseia-se principalmente em projetos de melhorias rápidas, chamados de projetos ou eventos *Kaizen*. Estes projetos são movidos pelo esforço em equipe, disciplina e mentalidade de eliminação de desperdícios. A aplicação destes projetos é de baixo custo, de curta duração e procura-se: desenvolver ou melhorar processos, produtos e serviços, aumentar a produtividade, reduzir desperdícios e custos (Chiarini 2013) (Imai 2011).

A empresa estudada é classificada, segundo sua receita bruta anual, como uma empresa de pequeno porte e decidiu dar início a implantação da Filosofia *Lean* através de um projeto *Kaizen*, visando benefícios de curto e longo prazo para a mesma.

O objetivo geral do estudo foi a implantação de um projeto *Kaizen*, realizado na área de Estoque de uma empresa de pequeno porte, fabricante de conjuntos-mangueira, tubos e cabos de comando para aviões. O projeto *Kaizen* teve como base os conceitos de *Lean Manufacturing*, e seus objetivos específicos foram: apresentação de melhorias no *layout* do estoque, redução de desperdícios do processo e introdução da mentalidade *Lean* para os funcionários da empresa.

A metodologia utilizada para a elaboração deste trabalho foi a de um Estudo de Caso e apoiado por uma pesquisa bibliográfica sobre o tema Manufatura Enxuta e *Kaizen*.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1 Empresas de Pequeno Porte

Microempresas e empresas de pequeno porte, doravante chamadas MPE's, existem em todo o mundo e atuam nos mais diversos ramos, apresentando grande importância econômica e uma ampla variedade de produtos e serviços.

As MPE's apresentam características próprias, como altas taxas de natalidade e de mortalidade, gestão informal, estrutura simples, escassez de recursos, mão-de-obra pouco qualificada, forte presença de proprietários, sócios e membros da família em seu quadro de funcionários, baixo investimento em inovação tecnológica e uma relação de complementaridade e subordinação com as empresas de grande porte (IBGE 2001) (Leone 1999).

No Brasil, as MPE's são classificadas conforme sua receita bruta, segundo a legislação do Simples (Lei 123 de 15 de dezembro de 2006) em: Microempresa (ME), faturamento bruto anual até R\$ 360 mil e Empresa de Pequeno Porte (EPP), faturamento bruto anual acima de R\$ 360 mil até R\$ 3,6 milhões.

A importância das MPE's para a economia brasileira é mostrada na Tabela 1.

**Tabela 1: Percentual de atuação das MPE's nos setores de Serviços, Comércio e Indústria.**

Setor	PIB gerado (%)	Empresas (%)	Empregados (%)	Remuneração de empregados (%)
Serviços	36,30	98,10	43,50	27,80
Comércio	53,40	99,20	69,50	49,70
Indústria	22,50	95,50	42,00	25,70

Adaptado de: SEBRAE 2014

Apesar da grande atuação e importância das MPE's, cerca de 58% dessas empresas não sobrevivem mais do que cinco anos no mercado (SEBRAE-SP 2014).

Segundo pesquisas realizadas pelo SEBRAE-SP (2014) as causas de insucesso das MPE's costumam envolver os seguintes fatores: comportamento empreendedor pouco desenvolvido, ausência do planejamento prévio, gestão deficiente do negócio, insuficiência de políticas de apoio, flutuações na conjuntura econômica, ausência de técnicas de *marketing*, de avaliação de custos, fluxo de caixa e problemas “pessoais” dos proprietários.

As MPE's que procuram aperfeiçoar seus produtos e serviços, inovar em processos e procedimentos, investir em capacitação de pessoal e qualidade, mantendo-se atualizada às tecnologias do setor, tendem a sobreviver mais no mercado (SEBRAE-SP 2014).

O investimento na área de qualidade, realizado através da implantação da filosofia *Lean*, juntamente aos princípios de melhoria contínua, serve como um diferencial competitivo nas MPE's (McLean 2015).

## 2.2 Filosofia Lean

*Lean* é um sistema de gerenciamento que teve como base o Sistema *Toyota* de Produção (STP), originário da empresa *Toyota Motor Corporation* (Womack & Jones 2004).

O STP surgiu através da colaboração do engenheiro mecânico Taiichi Ohno com o engenheiro Shigeo Shingo, criador da técnica *Single Minute Exchange of Die* (SMED) ou Troca Rápida de Ferramentas. Foi então desenvolvido o Sistema *Toyota* de Produção, que tem como pilares: o JIT (*Just-In-Time*); *Jidoka* (Autonomação); 5S (*housekeeping*); *Kaizen* (melhoria contínua); TPM (*Total Productive Maintenance*); TQM (*Total Quality Management*); SMED (*Single Minute Exchange of Die*); VSM (*Value Stream Mapping*); *Andon* (Quadro Luminoso de Alarmes); *Kanban* (cartões de ordem da produção); e *Poka-Yoke* (dispositivo à prova de erros) (Shingo 1996) (Slack, Chambers, e Johnston. 2010).

O STP, tal qual a Filosofia *Lean*, tem como foco a eliminação de desperdícios a fim de reduzir o custo de capital e ao mesmo tempo, entregar máximo valor

para o cliente (Ohno 1997).

A filosofia *Lean*, conhecida por *Lean Thinking* (mentalidade enxuta / pensamento enxuto), foi difundida por Womack & Jones (1998), e amplia os conceitos de *Lean Production* (Produção Enxuta) para toda a empresa.

O objetivo da filosofia é proporcionar orientações que abrangem todos os processos da organização, sendo o conceito de melhoria contínua extremamente importante, criando uma cultura que se baseia no envolvimento de todos os funcionários da organização (Rother 2010) (Slack, Chambers, e Johnston. 2010).

Os ensinamentos *Lean*, divulgados por diversos livros e consultores, tem como foco a implantação de conceitos *Lean* em grandes empresas. Porém, usando uma abordagem diferenciada para a aplicação e aprendizado destes conceitos que leve em consideração as características próprias das empresas de pequeno porte e sua cultura empresarial, estas empresas podem usufruir dos benefícios da filosofia *Lean*, aumentando assim sua produtividade e adquirindo um diferencial competitivo (McLean 2015). Estes ensinamentos podem ser exemplificados segundo a “A casa do Sistema Toyota de Produção” ou a “Casa do Sistema de Produção Enxuta”, conforme mostrado na figura 1 (Liker 2004).

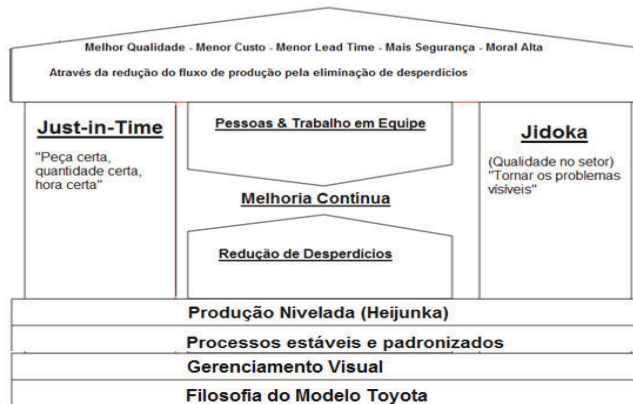


Figura 1: A Casa do Sistema Toyota de Produção.

Adaptado de: Liker, J. 2004.

### 2.3 Os Sete Tipos de Perdas (desperdícios Lean)

A filosofia *Lean* tem em sua essência a identificação e mitigação de desperdícios, que, segundo os critérios do STP, são divididos em sete tipos de perdas, a saber (Monden 1994)(Slack, Chambers, e Johnston. 2010):

1. Superprodução. Produzir mais do que é imediatamente necessário para o próximo processo na operação;
2. Espera. Períodos onde ocorre ociosidade, devido à fluxos mal planejados.

3. Transporte. Movimentação desnecessárias de itens, pessoas e informações em torno da operação, o que não agrega valor;
4. Processamento em si. O processo em si pode ser uma fonte de desperdícios, pois algumas operações só existem por causa do *design* de componente ruins, ou pela falta de manutenção;
5. Estoque (Inventário). Todo estoque deve tornar-se um alvo de eliminação, pois altos níveis de estoque ocultam os desperdícios ocorridos em outras áreas, custa caro para a empresa além de representar a ocupação de grandes áreas.
6. Movimentação. Um trabalhador pode estar realizando movimentos desnecessários, onde nenhum valor está sendo agregado ao trabalho;
7. Produtos defeituosos. Desperdícios por má qualidade (fabricação de produtos defeituosos) costumam ser muito significantes nas operações, pois trazem custos de retrabalho e descarte de materiais que não podem ser reutilizados.

Recentemente tem sido considerado mais um tipo de desperdício: a perda de talento das pessoas, devido a não utilização ou subutilização do talento dos colaboradores, a criatividade não utilizada (oitavo tipo de perda) (Womack, Jones 2011).

A eliminação destes desperdícios, ou perdas, gera aumento de eficiência, redução de custos e otimização de processos, independente da empresa ou da área onde ocorra esta eliminação (Slack, Chambers e Johnston. 2010).

## 2.4 O Programa 5S

Os Cinco Sentos (5S's) constitui um programa utilizado para reduzir as folgas organizacionais (desperdícios), reduzindo assim as atividades que contribuem para erros, defeitos e lesões, além de contribuir para a melhoria do trabalho em equipe (Liker 2004).

O primeiro S é o Senso de Seleção ou descarte (*Seiri*), que procura separar os itens que são necessários dos desnecessários e eliminar estes (Slack, Chambers e Johnston. 2010).

O segundo S ou Senso de Ordenação (*Seiton*) é uma continuação do primeiro e se traduz na ação de alocar os itens necessários nos lugares apropriados (Imai 2012)

O terceiro S, Senso de Limpeza (*Seiso*) traz consigo a filosofia de limpeza e organização (Slack, Chambers e Johnston. 2010) (Robson Seleme, Humberto Stadler 2012).

A premissa do quarto S ou Senso de Higiene e Padronização (*Seiketsu*), é manter os padrões de limpeza e a ordem, incorporando-os na rotina da empresa (Slack, Chambers, e Johnston 2010).

O quinto S é o Senso de Autodisciplina (*Shitsuke*), onde o trabalhador é incentivado a desenvolver o compromisso de manter os padrões alcançados através dos 5S's (Liker 2004).

As vantagens geradas pela aplicação dos 5S's são muitas. Chiarini (2013)



cita: aumento de produtividade, melhoria da qualidade, redução de desperdícios (custos), melhoria de *layout*, além de um aumento de segurança e bem-estar dos funcionários.

*Kaizen*, o melhoramento contínuo.

A abordagem usada pela melhoria contínua, conhecida no Japão por *Kaizen* (*Kai= mudar e Zen=melhor*) tem como elemento essencial o trabalho em equipe onde todos trabalham juntos para que, a partir de pequenos passos incrementais, melhorias ocorram, desafiando assim, a ideia de que problemas na qualidade representam algo imutável (Juran 2000) (Rother 2010). A Tabela 3 resume as principais características do *Kaizen* segundo Imai (2011).

**Tabela 2: Características do *Kaizen*.**

	<i>Kaizen</i>
Efeito	A longo prazo e duradouro, porém monótono
Ritmo	Pequenos progressos
Estrutura de tempo	Contínua e incremental
Mudança	Gradual e constant
Envolvimento	Todos (trabalho em equipe)
Enfoque	Coletivismo, esforços em grupo, enfoque sistêmico
Método	Manutenção e melhoramento
Estímulo	“ <i>Know-how</i> ” e atualizações convencionais
Exigências práticas	Exige pouco investimento financeiro, porém grande esforço para mantê-lo
Vantagem	É útil na economia de crescimento lento
Informações	Abertas, compartilhadas
Tecnologia	Baseia-se na tecnologia existente
“ <i>Feedback</i> ”	Amplio

Adaptado de: Imai, 2011, p.21 e 28

## 2.5 Aplicação do *Kaizen*

Segundo Chiarini (2013), as empresas que implementam a metodologia *Kaizen* geralmente o fazem através de *Workshops Kaizen*, também conhecidos como Projetos *Kaizen* ou Eventos *Kaizen*.

Projetos *Kaizen* são projetos de melhoria de curto prazo utilizados para aperfeiçoar um processo através da metodologia *Kaizen*. Estes projetos apresentam baixo custo e enfatizam o trabalho em equipe e os esforços realizados pela equipe, englobando

diversas ferramentas da qualidade, como *Brainstorming*, 5S e 5W2H. (Chiarini 2013) (Imai 2011).

Para Chiarini (2013), Projetos *Kaizen* são realizados de acordo com as seguintes nove etapas:

1. Programa e preparação do evento;
2. Os líderes, co-líderes e membros do time são escolhidos;
3. Treinamento sobre *Kaizen*;
4. Realização de coleta e análise de dados;
5. Decisão sobre quais as melhorias serão implementadas;
6. Execução da semana *Kaizen*, onde ocorre a implementação das melhorias; durante esta semana, todos os dias, implementam-se melhorias, que são então padronizadas;
7. Verificação dos resultados obtidos;
8. Os resultados obtidos são apresentados aos demais membros da empresa;
9. Os resultados obtidos são mantidos.

### 3. Metodologia

O procedimento escolhido para a realização da pesquisa foi o Estudo de Caso, o qual, segundo Santos (2007), envolve a seleção de um objeto de pesquisa restrito, tendo como objetivo o aprofundamento de seus aspectos característicos.

A coleta dos dados relevantes foi realizada em um período de dois meses, durante o segundo semestre de 2015.

Ao término da coleta de dados foi desenvolvido um Projeto *Kaizen* Piloto, com as seguintes etapas: Elaboração e Realização de Treinamentos *Lean* e *Kaizen*; definição da Área e Equipe *Kaizen*; coleta de dados e aplicação do *Kaizen*.

### 4. Estudo de Caso

#### 4.1 Descrição da Empresa

A empresa estudada possui sede em Cruzeiro, cidade do Vale do Paraíba Paulista, está instalada numa área de 1550 m<sup>2</sup> e possui uma receita bruta de até R\$ 3,6 milhões, o que a classifica como empresa de pequeno porte. A Empresa apresenta algumas características típicas das MPE's, tais como: gestão informal, estrutura simples, escassez de recursos, baixa intensidade de capital e forte pre-

sença dos proprietários.

A Empresa está no mercado há mais de vinte anos e trabalha com a fabricação de conjuntos-mangueira, tubos e cabos de comando para aviões, além de projetar e montar equipamentos de apoio ao solo para a indústria aeronáutica. Esta empresa também opera como representante comercial para grandes fornecedores, fabricantes e distribuidores da área aeroespacial.

O Projeto *Kaizen* foi implantado pela iniciativa do Setor de Qualidade e pelo interesse da alta gerência da empresa. O projeto busca a transformação gradual da cultura da empresa através da introdução de conceitos *Lean*, começando pela implantação dos conceitos de melhoria continua e tendo como primeiro setor de implantação do Projeto *Kaizen* a área de Estoque.

A figura 2 mostra o leiaute do primeiro andar da empresa, onde se situa o Setor de Estoque de Matérias Primas.



Figura 2: Leiaute da MPE analisada.

Fonte: os autores, 2017.

#### 4.2 Elaboração e realização de treinamentos Lean

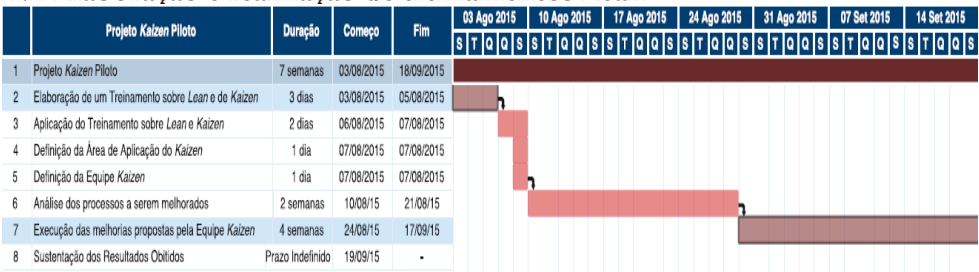


Figura 3: Cronograma Projeto *Kaizen* Piloto.

Fonte: os autores, 2017.

### 4.3 Definição da área e equipe Kaizen

Após o treinamento realizou-se um *Brainstorming* com todos os participantes para que fosse definida a área de aplicação do Projeto *Kaizen* Piloto. Percebeu-se que o Setor Estoque era uma área que necessitava de várias melhorias em processos considerados simples e em que a alta gerencia tinha muito interesse em aprimorar, sendo então, a área escolhida para a aplicação do Projeto.

Definida a área criou-se uma equipe *Kaizen*, formada por um líder, um co-líder e demais participantes. Toda a equipe de Qualidade integrou a equipe *Kaizen*, assim como o funcionário responsável pelo Estoque. O engenheiro responsável pela produção também foi incluído nesta equipe *Kaizen*.

### 4.4 Coleta de dados e aplicação do projeto Kaizen piloto

Diversos processos realizados no estoque foram analisados. Destes processos, dois foram escolhidos pelo líder da equipe para integrar o Projeto *Kaizen* Piloto. Foram eles: arquivamento de documentos e armazenagem de matérias primas.

Realizou-se então uma análise completa de cada um desses processos, onde foi verificado o estado atual dos mesmos. Os dados coletados foram analisados e as metas a serem alcançadas foram definidas. Estas metas consideraram a situação da empresa estudada, que conta com poucos funcionários e não pode parar seus processos para a realização do *Kaizen*, ou seja, o projeto foi realizado concomitantemente com as demais atividades da empresa.

Após a definição das metas foi usada a técnica de *brainstorming*, uma das ferramentas da qualidade, para sugestões de melhorias. As melhorias escolhidas a serem aplicadas foram então definidas.

Durante a realização das melhorias as seguintes ferramentas da qualidade foram utilizadas: Diagrama de Ishikawa, 5W2H, 5S's e Padronização. Os resultados foram padronizados através de fluxogramas e anotados segundo o relatório A3, um documento que apresenta como informações: o problema estudado, sua análise e as ações corretivas tomadas pela empresa (SHOOK, 2009).

## 4.5. Estudo das Melhorias

### 4.5.1 Melhorias no processo de arquivamento de documentos

Existem situações de rastreabilidade em que são necessários acesso aos documentos: faturas (*invoices*) e certificados de qualidade das matérias-primas. São exemplos de atividades que precisam consultar os documentos: *recall*, elaboração de relatórios da qualidade e solicitação de clientes e fornecedores.

A execução dessa atividade é de baixo valor agregado, ou seja, é necessário ser realizada de forma rápida e eficaz. Para que isso ocorra os documentos devem ser organizados corretamente e fáceis de serem acessados.

O arquivamento de documentos na Empresa A não seguia um padrão claro e sua armazenagem (em pastas superlotadas dentro de um armário e de outros pontos aleatórios do estoque) não era de fácil acesso, levando um tempo médio

para procura de um documento específico de cerca de 20 minutos.

Foi feita uma coleta e análise dos dados do processo através de um diagrama de *Ishikawa* (Espinha de Peixe), mostrado na Figura 4.

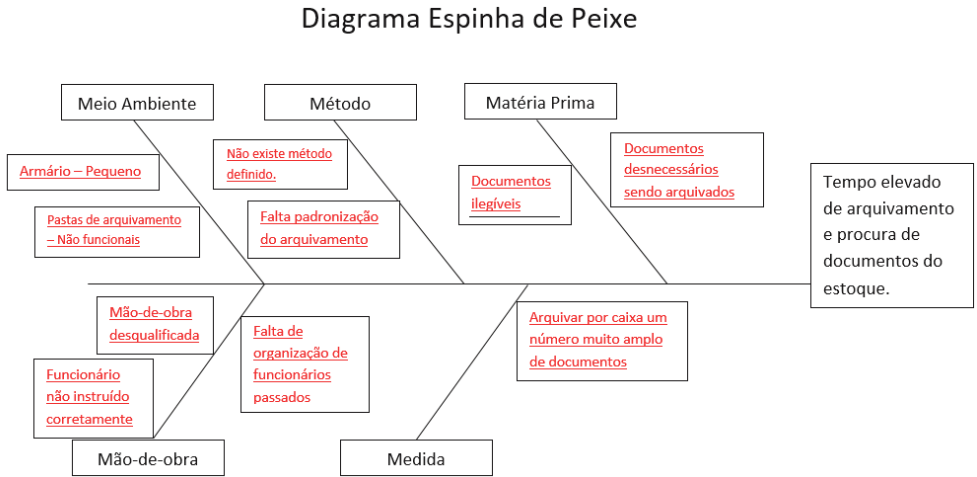


Figura 4: Diagrama de *Ishikawa* para o processo de arquivamento de documentos do Estoque.

Fonte: os autores, 2017.

Realizou-se então a técnica do *Brainstorming* onde os funcionários propuseram soluções para a melhoria do processo. As ideias escolhidas para serem aplicadas foram:

- Trocar armário atual por um armário de gaveta;
- Organizar as gavetas por fornecedor;
- Arquivar em intervalos (espaços) menores de documentos;
- Padronizar a identificação do armário, pastas e gavetas;
- Organizar os documentos em ordem crescente;
- Eliminar os papéis desnecessários;
- Colocar em outro lugar os documentos de “Requisição de Material”;
- Determinar um máximo de documentos por pastas e gavetas;
- Identificar as pastas/gavetas;
- Checar a legibilidade dos documentos.

Logo após o *Brainstorming* a Equipe estabeleceu como meta um tempo médio de procura de um documento específico em 2 minutos.

A Equipe registrou as medidas a serem realizadas através do método dos “5W2H”, apresentado na Tabela 3

**Tabela 3 - Plano de Ação do processo de arquivamento de documentos (5W2H).**

PROJETO KAIZEN PILOTO						
Processo: Procura e arquivamento de documentos (no estoque)		Objetivo: Melhora do arquivamento do estoque		Meta: Encontrar e guardar o documento em até 2 min.		
Elaborado por: Líder da Equipe Kaizen						
O que? (ação)	Por que?	Onde?	Como?	Quem?	Quando?	Quanto Custa?
Troca do armário (por um armário de gavetas, que a Empresa A já possui)	Para facilitar o arquivamento dos documentos	Estoque	Retirar o armário atual e colocar o armário que será utilizado no lugar	EQUIPE KAIZEN	Prazo de duas semanas	N/A
Organizar as gavetas de acordo com o fornecedor	Para garantir maior agilidade na procura de documentos	Estoque	Colocar um fornecedor por gaveta, quando necessário poderá ser colocado mais, porém deve			N/A
Arquivar as invoices em intervalos menores dentro das pastas	Para que a gaveta não fique super lotada e que se torne mais maleável o processo	Estoque	Escolhendo um intervalo que não deixe as gavetas excessivamente cheias			N/A
Padronizar a identificação do armário e das gavetas	Para que seja possível manter a nova organização, de um modo que outros funcionários a sigam com facilidade	Estoque	Através de papéis descrever o que está armazenado na gaveta e colá-lo na mesma (de maneira clara e precisa)			N/A
Organizar os documentos em ordem crescente	Para aumentar a agilidade na procura por documentos	Estoque	Separando os documentos e arquivando-os em ordem crescente			N/A
Eliminar papéis desnecessários	Eliminar excesso e otimizar espaço	Estoque	Verificando se existi documentos repetidos ou sem utilidades			N/A
Colocar em outro lugar os documentos de "requisição de"	Para que tenha apenas uma espécie de documento dentro deste armário.	Estoque	Separando os documentos de "Requisição de Material" e os colocando em outro lugar. (Calção)			N/A
Determinar um máximo de pastas por gaveta	Para que a gaveta não fique super lotada e que se torne mais maleável o processo	Estoque	Colocando as pastas dentro da gaveta e determinar um número de pastas que permita desllocá-las pela gaveta			N/A
Colocar o fornecedor no relatório de requisição que é gerado no sistema	Para facilitar a procura pela documentação	Estoque	Entrar em contato com o apoio do sistema e perguntar se é possível. Caso seja, pedir ajuda para o mesmo.			N/A
Checar a legibilidade dos documentos	Para facilitar a procura pela documentação	Estoque	Checar todos os documentos e se estão legíveis			N/A

Fonte: os autores, 2017.

Após a realização das medidas planejadas no processo de Armazenagem de Documentos conseguiu ser organizado, padronizado e a meta de realizar a procura de documentos em 2 minutos foi superada, alcançando-se um tempo médio de 1 minuto e 41 segundos.

Os benefícios conseguidos pelas melhorias realizadas são listados a seguir:

- Devido a atividade possuir baixo valor agregado o funcionário responsável não irá mais “perder” tempo na sua execução e, conseqüentemente, não atrasará suas atividades de maior valor agregado.
- O desgaste que o funcionário enfrentava ao procurar um documento onde não existia padronização foi eliminado.

Para registrar de uma maneira clara o que foi feito e quais benefícios atingidos pelo Projeto *Kaizen* a Equipe criou um relatório A3, que foi passado para os demais funcionários da empresa.

#### 4.5.2 Melhorias no processo de armazenamento de matéria prima

Para realizar o processo de armazenamento de matéria prima eram necessárias diversas movimentações pois as áreas de recebimento e armazenamento são distantes. O funcionário carregava a matéria prima à mão, o que causava desgaste e desperdício de tempo. O número médio de viagens realizadas no processo de armazenamento de matéria prima era de 10 viagens. Quando o funcionário ia armazenar a matéria prima ocorria uma demora para identificar em qual prateleira ela deveria ser colocada. O tempo de processo foi estimado em 40 minutos.

A apresentação do problema de armazenagem de matéria prima é mostrada no Diagrama de *Ishikawa* na Figura 5.

## Diagrama Espinha de Peixe

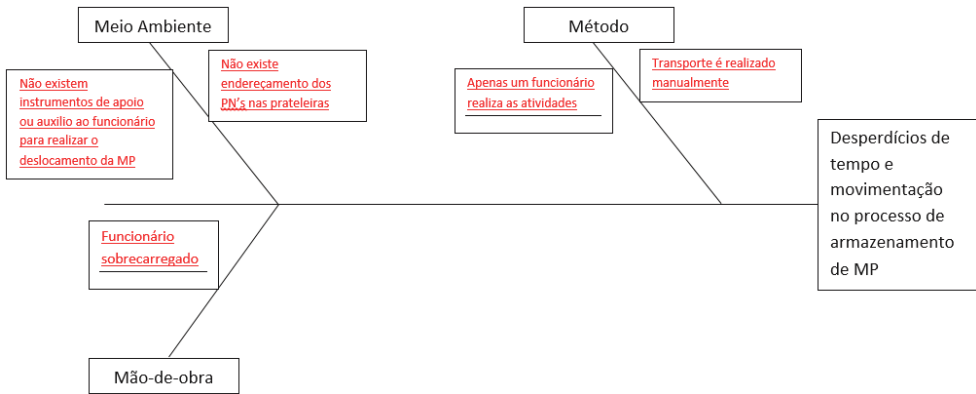


Figura 5: Diagrama de *Ishikawa* para o problema perda de tempo no armazenamento de matérias primas.

Fonte: os autores, 2017.

Após a realização do diagrama de espinha de peixe a Equipe fez um *Brainstorming* e as ideias escolhidas foram:

- Desocupação de uma bancada móvel do estoque (que era usada como mesa e armazenava diversos objetos) para ser usada como instrumento de apoio do funcionário;
- Endereçamento dos PN's (*part numbers* da matéria prima) nas prateleiras;
- Melhoria no *layout* do estoque para que fosse possível transportar todo o material na bancada em uma única viagem.

A Equipe *Kaizen* definiu como meta a realização de um máximo de duas viagens para a armazenagem de matéria prima e execução do processo em 20 minutos. Para isso, o *layout* do estoque necessitava ser melhorado. A figura 6 representa o estoque de matérias primas antes do Projeto Kaizen.

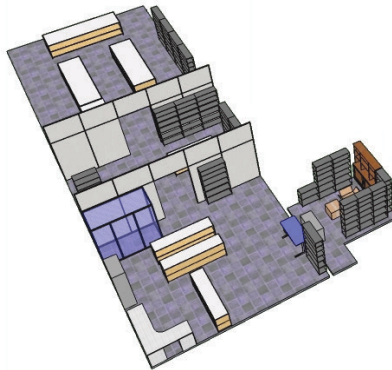


Figura 6: Representação do Estoque de Matérias Primas antes do Projeto *Kaizen* Piloto.

Fonte: os autores, 2017.

Para melhorar o *layout* do Estoque, tornar possível a identificação correta de cada matéria prima e realizar a desocupação da bancada móvel necessária para o transporte da matéria prima a Equipe propôs aplicar o programa 5S no Setor de Estoque.

A Equipe *Kaizen* fez o registro das medidas a serem tomadas através do método “5W2H”, apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4 - Plano de Ação do processo de armazenamento de matérias primas (5W2H).**

Projeto KAIZEN Piloto Armazenamento de MP						
Processo: Armazenamento de matéria prima		Objetivo: Armazenar a matéria prima dentro do estoque mais rapidamente		Meta: Reduzir o número de indas e vindas para duas vezes.		
Elaborado por: Líder da Equipe Kaizen						
O que? (ação)	Por que?	Onde?	Como?	Quem?	Quando?	Quanto Custa?
Conseguir transportar o maior número de MP por "viagem"	Para conseguir levar uma quantidade maior de MP com o mesmo esforço e movimentação	Área de recebimento (Estoque)	Realizar o transporte com uma bancada móvel.	EQUIPE KAIZEN	Prazo de duas semanas	N/A
Melhorar o Layout do estoque	Para facilitar o deslocamento do funcionário	Área de recebimento (Estoque)	Realizar um 5S no estoque			N/A
Padronizar a identificação das prateleiras, PN's e MP.	Para facilitar o processo de armazenagem de matéria prima	Área de recebimento (Estoque)	Etiquetas de identificação padronizadas para os PN's e MP; Etiquetas padronizadas, usadas para identificação das prateleiras, armários e mesas onde a MP e os PN's são armazenados;			N/A

Fonte: os autores, 2017.

Os benefícios iniciais da aplicação dos 5S's foram a melhoria do *layout* da área do Estoque e a desocupação de uma bancada móvel.

As ações dos 5S's realizadas na Empresa A foram:

1. Ações para *Seiri* (Senso de Seleção) – Foram retirados do local: lixo, materiais que estavam guardados no local incorreto, materiais que não eram mais utili-



zados. Com isso foi possível desocupar 4 armários, uma mesa e uma bancada móvel.

2. Ações para *Seiton* (Senso de Ordenação) – Quanto aos objetos restantes estes foram organizados corretamente e depois devidamente identificados.
3. Ações para *Seiso* (Senso de Limpeza) – O local provou conter muita sujeira. Devido a isto durante e após os 5S's, foi realizada a limpeza do local.
4. Ações para *Seiketsu* (Senso de Higiene) – Foi feita uma padronização quanto à arrumação e limpeza do local, disponível para os funcionários. Cada prateleira foi devidamente identificada.
5. Ações para *Shitsuke* (Senso de Autodisciplina) – Os funcionários foram incentivados pela Equipe *Kaizen* a manter a ordem e a limpeza do local e a dar sugestões de melhoria sempre que necessário. Esta ação deve sempre se manter com rigor.

Durante a aplicação dos 5S's foi possível realizar as ações de melhoria decididas no *Brainstorming*. Os 5S's também mostraram que a má organização do Estoque influenciava outros processos como o de compras. Muitos materiais de limpeza e de uso diário (como pastas, grampeadores, canetas, etc.) tinham sido comprados sem necessidade pois já tinham no estoque (em grande quantidade, vale adicionar), só que a má organização fazia com que o funcionário não encontrasse esses itens. Também foi encontrada matéria-prima que tinha sido “esquecida” pela má organização do estoque.

Ou seja, a aplicação dos 5S's demonstrou a grande necessidade de uma organização padronizada. Essa padronização foi realizada, evitando assim futuras compras incorretas e desperdício de matéria-prima.

A realização das medidas de melhoria gerou uma otimização do processo de armazenamento de matérias primas, que se encontra devidamente organizado e padronizado. A meta de realizar uma média de duas viagens foi cumprida e a meta de diminuir o tempo do processo em 50% foi superada. O processo de armazenagem de matéria prima, que antes demorava em média 40 minutos, hoje apresenta uma média de 17 minutos.

Os benefícios conseguidos pelas melhorias realizadas no processo de armazenagem de matéria-prima são listados a seguir:

- Aumento significativo do espaço útil do estoque (houve um aumento de aproximadamente 30% do espaço útil); possibilidade de locomoção da bancada móvel;
- Padronização do processo;
- Padronização da organização do estoque;
- Aumento da sensação de bem-estar dos funcionários, pois o local ficou mais limpo, espaçoso e organizado;
- Redução do desperdício de tempo em 57,5% e de movimentação em 80%;

- Diminuição do desgaste do funcionário responsável pela armazenagem da matéria prima.

A figura 7 mostra o Setor de Estoque de Matérias Primas após as melhorias do Projeto *Kaizen*.

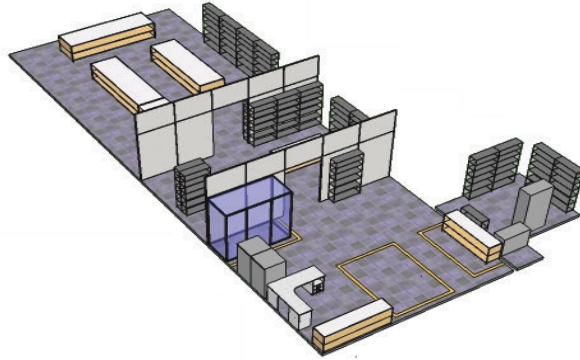


Figura 7: Representação do Estoque Após o Projeto *Kaizen* Piloto.

Fonte: os autores, 2017.

Durante a melhoria do leiaute o funcionário responsável pela inspeção da matéria prima sugeriu que a área de inspeção fosse demarcada (bem como a área de “quarentena” dos produtos). A Equipe *Kaizen* viu essa sugestão com bons olhos e implementou-a.

O registro deste *Kaizen* também foi feito em um relatório A3 e passado para os demais funcionários da empresa.

## 6. Resultados

Durante a execução do Projeto *Kaizen* Piloto os funcionários foram encorajados a pensar quais dos sete desperdícios *Lean* faziam parte dos processos analisados e o que poderia ser melhorado com a mitigação dos mesmos. A importância de pequenas melhorias também foi muito discutida por toda a equipe *Kaizen*.

A metodologia *Kaizen* é simples, porém, para ser bem-sucedida exige determinação, pois o *Kaizen* deve representar uma mudança de cultura da empresa (IMAI, 2011).

Esta definição condiz com a implantação do *Kaizen* na Empresa A. Inicialmente, a Equipe de Qualidade encontrou dificuldades para convencer os funcionários dos benefícios do *Kaizen*. Mas, após a implantação do mesmo, a Equipe de Qualidade notou uma mudança de atitude e os funcionários passaram a incorporar alguns dos conceitos ensinados em sua rotina de trabalho.

O cronograma idealizado pela Empresa A diferiu da teoria estudada pois a equipe *Kaizen* flexibilizou o tempo do mesmo. O cronograma foi cumprido, mas com dificuldade, pois o Projeto *Kaizen* Piloto enfrentou imprevistos que

trouxeram atraso, tais como absentéismo, auditoria externa, mercadoria retida no porto, etc.

Em virtude dos imprevistos citados a Equipe *Kaizen* não conseguia se reunir diariamente, como planejado, conforme preconizado na teoria estudada. Apesar disso, todas as metas foram cumpridas e os funcionários se familiarizaram com a metodologia e ideias do *Kaizen* e da cultura *Lean* que lhes foram apresentados.

O comprometimento com o projeto, o trabalho em equipe e a habilidade de analisar logicamente os problemas apresentados foram os fatores que influenciaram o sucesso da aplicação do Projeto *Kaizen* Piloto.

Quanto ao programa 5S, realizado durante a melhoria do processo de armazenagem de matéria prima, cabe ressaltar que os resultados foram muito positivos. Para que os bons resultados alcançados sejam mantidos a longo prazo é necessária muita disciplina.

Após a realização do Projeto *Kaizen* Piloto outras áreas da empresa (como as áreas de Logística e de Compras), que não participaram da execução e treinamentos *Kaizen* mas viram os resultados do mesmo, solicitaram que fossem realizados eventos *Kaizen* para as mesmas.

A alta gerencia se sentiu satisfeita com o resultado o que levou a área de Qualidade da Empresa a criar como metas a manutenção dos resultados alcançados pelo Projeto *Kaizen* Piloto, a realização de mais quatro Projetos *Kaizen* e a aplicação do Projeto *Kaizen* em processos produtivos mais complexos, objetivando a redução de custos.

## **6.2 Análise da manutenção da filosofia Lean, três anos após a aplicação do projeto Kaizen piloto**

Apesar dos resultados iniciais terem sido positivos, para afirmar-se como uma empresa *Lean*, que segue a filosofia de melhoria contínua, a Empresa A necessita de anos de prática, até que os Projetos *Kaizen* se tornem comuns e rotineiros, bem como os conceitos de padronização e redução de desperdícios sejam consolidados.

Após decorridos três anos do projeto *Kaizen* Piloto, os processos aqui descritos foram analisados novamente com a finalidade de verificar se os resultados positivos foram mantidos e se novas atividades *Kaizen* foram realizadas, dando continuidade à filosofia *Lean* baseada na melhoria contínua.

Os processos melhorados mantiveram o conceito de padronização e hoje apresentam os seguintes resultados:

- Tempo de processo de Arquivamento de Documentos: média de 1 minuto e 15 segundos;
- Tempo de processo de Armazenamento de Matéria Prima: média de 15 minutos;
- Número de viagens do processo de armazenamento de matéria prima: média de duas viagens.

É possível perceber uma pequena melhora no tempo destes dois processos. A Figura 8 mostra claramente a melhoria do leiaute do estoque, representando-o antes do *Kaizen*, logo após as melhorias aplicadas pelo *Kaizen*, e três anos após a aplicação do Projeto *Kaizen* Piloto.

Figura 8: Leiaute da área do Estoque antes, imediatamente após e três anos após o Projeto *Kaizen* Piloto.



Figura 8: *Layout* da área do Estoque antes, imediatamente após e três anos após o Projeto *Kaizen* Piloto.

Fonte: os autores, 2017.

A empresa continua a se empenhar na busca por uma cultura *Lean* e, para isso, utiliza o *Kaizen* como base, aplicando-o hoje tanto nas áreas administrativas quanto produtivas. Percebe-se, portanto, que a empresa conseguiu transformar sua cultura, aderindo a mesma aos princípios da filosofia *Lean*.

## 7. Conclusão

Com base na análise dos resultados pode-se considerar que a aplicação do Projeto *Kaizen* foi bem-sucedida, os objetivos propostos foram alcançados e houve uma melhoria considerável do processo de estocagem, gerando muitos benefícios para a empresa e o bem-estar de seus funcionários.

A aplicação do Projeto *Kaizen* no setor de Estoque de matérias primas proporcionou os seguintes ganhos: aumento da eficiência do processo de estocagem, melhoria do leiaute da área do estoque, com redução de 30% na área de estoque e redução de desperdícios de tempo e de movimentação de matérias primas em cerca de 50%. O projeto também proporcionou uma mudança na mentalidade dos funcionários da empresa, trazendo uma aceitação da cultura *Lean*, que se mantém até o presente.

Analisando o cenário da empresa três anos após a aplicação do projeto *Kaizen* Piloto, pode-se dizer que a mesma caminha a passos largos para ser bem-sucedida na manutenção da cultura *Lean*. Adiciona-se que a combinação do 5S's e das ferramentas da qualidade utilizadas (Diagrama de Ishikawa, Técnica de *Brainstorming*, 5W2H, Fluxograma e Relatório A3) facilitaram o desenvolvimento de projetos de melhoria contínua, sendo incentivado o uso das mesmas pelos empregados da empresa.

## Referências

- BRASIL. Lei Complementar Nº 123, de 14 de Dezembro de 2006. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/LCP/Lcp123.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LCP/Lcp123.htm)>. Acesso em: 26 de agosto, 2015
- Chiarini, Andrea. 2013. *Lean Organization: From The Tools Of The Toyota Production System To Lean Office*. Milan: Springer.
- Elbert, Mike. 2013. *Lean Production for The Small Company*. New York: CRC Press.
- Imai, Masaaki. 2011. *A Estratégia Para O Sucesso Competitivo*. 7ª Edição. Editora IMAM.
- Imai, Masaaki. 2012. *Gemba Kaizen: A Common Sense Approach To A Continuous Improvement Strategy*. Second Edition. New York: McGraw-Hill Professional Publishing.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2001. *As Micro e Pequenas Empresas Comerciais e de Serviços no Brasil*. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/microempresa/microempresa2001.pdf>> Acesso em 19 jun. 2017.
- Juran, Joseph M. *Juran's Quality Handbook*. 2000. Fifth Edition. McGraw-Hill International Editions: Industrial Engineering Series. USA. New York, 2000.
- Leone, Nilda Maria de Clodoaldo Pinto Guerra. 1999. "As Especificidades Das Pequenas E Médias Empresas". *Revista de Administração*, v.34, n.2, p.91-94, abril/junho 1999. Disponível em <<https://www.google.com.br/url?sa=t&rcct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.rausp.usp.br%2Fdownload.asp%3Ffile%3D3402091.pdf&ei=0k-VVcnWIYmigwTnzbgmCg&usg=AFQjCNFTcD3ohXmqER50LeBYCTyvDPLsLg&sig2=MEXAGkr5Gp-cQtnIaxrRgg>> Acesso em 18 jun. 2017.
- Liker, Jeffrey K. 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles From The World's Greatest Manufacturer*. International Edition, McGraw-Hill.
- Mclean, Timothy. 2015. *Grow Your Factory, Grow Your Profits. Lean for Small and Medium Sized Manufacturing Enterprises*. CRC Press.
- Monden, Yasuhiro. *Toyota Production System an Integrated Approach to Just-In-Time*. 1994. Second Edition. CHAPMAN & HALL. Institute of Industrial Engineers.
- Ohno, Taiichi. *O Sistema Toyota de Produção*. 1997. Porto Alegre: Bookman.
- Rother, Mike. *Toyota Kata Managing People for Improvement, Adaptiveness, And Superior Results*. 2010. Published by McGraw-Hill.
- SANTOS, Antonio Raimundo dos. *Metodologia Científica: A Construção Do Conhecimento*. 2007. Rio de Janeiro: Lamparina. 7ª Edição.

- Seleme, Robson., Humberto Stadler. Controle Da Qualidade, as Ferramentas Essenciais. 2012. Editora IBPEX Dialógica. 2ª Edição. Curitiba.
- SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). Causa Mortis. O sucesso e o fracasso nos primeiros 5 anos de vida. 2014. SEBRAE-SP. Disponível em: <[http://www.sebraesp.com.br/arquivos\\_site/biblioteca/EstudosPesquisas/mortalidade/causa\\_mortis\\_2014.pdf](http://www.sebraesp.com.br/arquivos_site/biblioteca/EstudosPesquisas/mortalidade/causa_mortis_2014.pdf)>. Acesso em 02 de mai. 2017.
- SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). Unidade de Gestão Estratégica – UGE. Participação das Micro e Pequenas Empresas na Economia Brasileira. 2014. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Estudos%20e%20Pesquisas/Participacao%20das%20micro%20e%20pequenas%20empresas.pdf>>. Acesso em 02 mai. 2017
- Shingo, Shigeo. O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção. 1996. Porto Alegre: Bookman.
- Shook, John. Toyota's Secret: The A3 Report. 2009. MIT Sloan Management Review, Vol. 50, Nº4.
- Slack, Nigel; Stuart Chambers., Robert Johnston. Operations Management. 2010. Published by Prentice Hall Financial Times. Sixth Edition.
- Womack, James P., Daniel T Jones. A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. 1998. Rio de Janeiro: Campus.
- Womack, James P., Daniel T Jones. Lean Thinking. 2011. 2nd Edition. Simon & Schuster, Inc.

# Mapeamento do Fluxo de Valor no Processo de Usinagem de Cilindros de Laminação de uma Usina Siderúrgica: Um Estudo de Caso

---

*Marcelle Paraiso<sup>40</sup> e Carlos Alberto Chaves<sup>41</sup>*

Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil

Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense (UFF/EEIMVR), Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil

## 1. Introdução

A Oficina de Cilindros de Laminação é o setor responsável pela preparação dos cilindros que são utilizados nas cadeiras de laminação de um laminador. O condicionamento dos cilindros (usinagem) envolve a adequação do perfil (coroamento mecânico), da rugosidade e da qualidade superficial de forma a eliminar possíveis defeitos originados durante o processo de laminação (Rizzo 2007). O processo da Oficina de Cilindros da Usina Siderúrgica em estudo compreende as atividades de desmontagem (retirada do mancal do cilindro), resfriamento, retificação, inspeção e montagem.

A cada troca de produção do laminador é necessária a troca do conjunto de cilindros de trabalho, os quais mantêm contato direto com o material a ser laminado, sendo um dos principais responsáveis pela sua forma e acabamento superficial (Rizzo 2007).

Todas as operações de um processo produtivo devem manter seus custos tão baixos quanto possível, mantendo os níveis de qualidade, velocidade, confiabilidade e flexibilidade demandados por seus clientes (Slack et al. 2009), de forma a maximizar sua lucratividade e competitividade no mercado. Um dos desafios

---

40 Contato: marcellealves@id.uff.br

41 Contato: cachaves@id.uff.br

enfrentados pelas indústrias é como melhorar a qualidade de seus produtos e serviços, como reduzir seus custos, seus estoques intermediários, tempos de processamento de encomendas (*lead time*) e como utilizar de forma eficiente seus recursos (Chukukere et al. 2014).

Russell e Taylor (1999) definem *Lean* como um método sistemático para reduzir a complexidade de um processo e torná-lo mais eficiente através da identificação de fontes de desperdícios que dificultam o fluxo do processo. Os autores afirmam que existem cinco etapas para alcançar a melhoria do processo: 1) determinar o que cria valor para os clientes; 2) identificar a sequência de atividades no processo que criam valor (Fluxo de Valor); 3) identificar e eliminar os desperdícios através de melhorias no processo; 4) realizar as atividades do processo com foco nas necessidades dos clientes; e, finalmente, 5) continuar buscando formas de eliminar desperdícios e melhorar o fluxo do processo, ou seja, buscar constantemente a perfeição.

A literatura possui uma gama de artigos acerca de Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*), mas poucos voltados para o Setor de Serviço. Segundo Gupta e Sunder (2016) o primeiro artigo publicado em inglês sobre serviços *Lean* foi em 1998 e até junho de 2014, encontravam-se 122 publicações sobre o tema. Além disso, como se pode observar na Figura 1, 50% das publicações ocorreram nos Estados Unidos da América (EUA) e Reino Unido (GB). Apenas 11% das publicações ocorreram em países em desenvolvimento, sendo que na América do Sul houve apenas uma publicação sobre o tema até 2014.

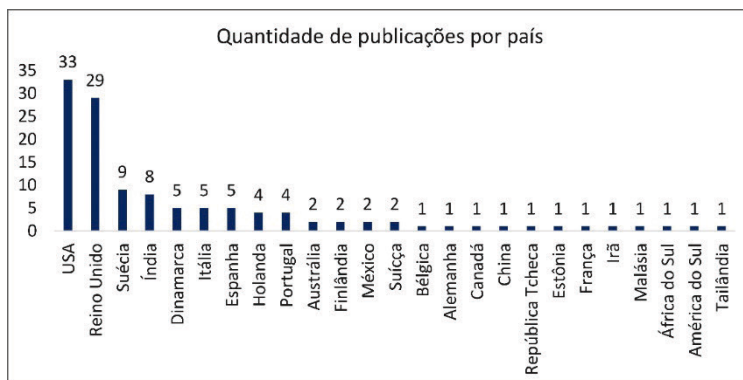


Figura 1 - Quantidade de publicações sobre Manufatura Enxuta, por país, de 1998 a junho de 2014

Fonte: Adaptado de Gupta e Sunder , 2016.

Nos últimos 10 anos, ao pesquisar na base Scopus as palavras-chave “value”, “stream”, “mapping”, “service”, obtêm-se 205 documentos publicados, constando o Brasil com 16 documentos, conforme se pode observar na Figura 2, demonstrando que o conceito está sendo aplicado ao redor do mundo, no entanto ainda é pouco aplicado no Brasil.



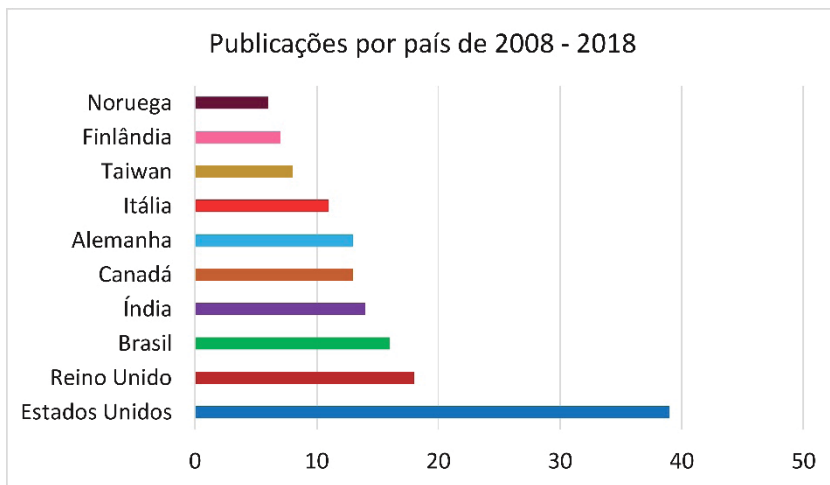


Figura 2 - Quantidade de publicações de Mapeamento de fluxo de valor em serviço nos últimos 10 anos

Fonte: Adaptado de Scopus, 2018.

Atribui-se uma grande importância a esta ferramenta, pois segundo Rother e Shook (2012) mapear o fluxo de valor ajuda a identificar não somente os desperdícios, mas também as suas fontes. Segundo Singh et al. (2011), o Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping* ou VSM) é uma alternativa promissora para alcançar de forma efetiva um empreendimento enxuto, tendo sido a maneira preferida pelas empresas para planejar e implementar as mudanças requeridas. Através da identificação e remoção dos desperdícios, a implantação dos princípios *Lean*, além de melhorar a performance e reduzir os custos, também melhora a satisfação dos clientes e aumenta a rentabilidade (Bonaccorsi et al. 2011)<sup>based on Value Stream Management (VSM)</sup>.

Este capítulo apresenta o mapa do fluxo de valor atual de uma Oficina de Reparação de Cilindros de laminação a quente de uma Usina Siderúrgica de grande porte e delinea um mapa para o estado futuro com diminuição de desperdícios para o aumento da Qualidade e Produtividade no Setor.

## 2. Referencial Teórico

### Mapeamento e Análise de Processo

O objetivo principal de qualquer empresa privada é ampliar seu lucro. Nesse sentido, Abreu (2002) ressalta a importância da análise dos dados e fatos dos processos para um melhor entendimento do funcionamento da organização como base para tomada de decisão. Toda empresa é composta de múltiplos processos, onde cada um deve ser visto como uma unidade a ser otimizada (Campos 2009).

Diante do conceito de que processo é a transformação que ocorre entre uma entrada (*input* de recursos) e a saída (*output* de um produto ou serviço), analisar o processo requer observar cada etapa dessa transformação. Campos (2009) lembra que os recursos de entrada podem incluir materiais, pessoas, finanças, instalações, equipamentos, métodos e técnicas e que essa transformação deve agregar valor. Nesse sentido, para uma análise efetiva dos dados, o mapeamento do processo é utilizado como uma ferramenta de representação gráfica para demonstrar todas as fases e o fluxo do processo. Segundo a autora, os principais objetivos do mapeamento do processo são:

- Compreender mais claramente os processos;
- Compreender a integração entre os processos;
- Identificar os “gargalos” e as falhas de produção;
- Identificar desperdícios;
- Analisar a eficácia dos processos;
- Fornecer dados para a modelagem dos processos.

O mapeamento de processo requer a observação e descrição de como se está trabalhando e, para isso, é necessário um profundo conhecimento das atividades que constituem os processos essenciais e de apoio de uma empresa (Azevedo 2016) o uso de recursos esquemáticos visuais ainda é amplamente utilizado. A justificativa deste estudo é a implantação de uma ferramenta de mapeamento de processos no setor de controle de qualidade de uma indústria de confecção de vestuário, o qual não possui documentação e estruturação dos seus processos. Com este objetivo realizou-se uma pesquisa qualitativa, iniciada por levantamento bibliográfico com enfoque em três técnicas: Fluxograma, SIPOC e Mapo-fluxograma. Utilizando tais conhecimentos para a estratégia estudo de caso, foi eleita a ferramenta Fluxograma para o mapeamento de dois processos do setor escolhido. Para tanto, foi realizada a coleta de dados através da entrevista com os responsáveis pelas tarefas, bem como observação da rotina de trabalho. Após a esquematização da sequência das etapas através da técnica escolhida, concluiu-se que com a utilização de Fluxogramas foi possível obter a padronização dos processos para garantir a eficiência e a qualidade da produção. Palavras-chaves: “-author”:[{“dropping-particle”：“de”,“family”：“Azevedo”,“given”：“Irene Conceição Gouvêa”,“non-dropping-particle”：“”,“parse-names”：false,“suffix”：“”}],“container-title”：“Congresso Nacional de Excelência em Gestão”,“id”：“ITEM-1”,“issued”:[{“date-parts”:[["2016",“9"]]},“publisher-place”：“Rio de Janeiro”,“title”：“Fluxograma como Ferramenta de Mapeamento de Pprocesso no Controle de Qualidade de uma Indústria de Confecção”,“type”：“paper-conference”,“uris”:[“http://www.mendeley.com/documents/?uuid=20f9ad41-ca07-4ae0-a4ed-50a653a4e700”]],“mendeley”:[{“formattedCitation”：“(Azevedo 2016.

Em metodologias de melhoria de processo como o DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), por exemplo, o mapeamento do processo está inserido na etapa do Medir, servindo de suporte para posterior análise do processo.

Campos (2009) apresenta as etapas para gerenciar processos com foco na melhoria de resultados, conforme exposto na Figura 3.

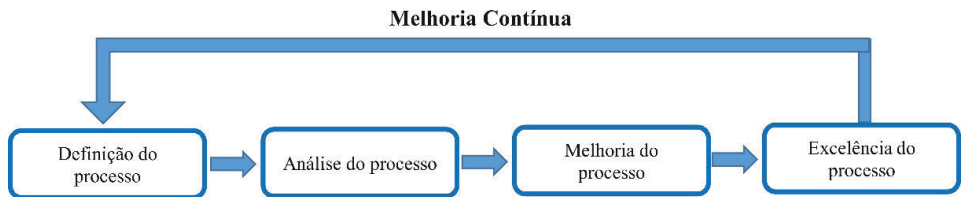


Figura 3 - Melhoria contínua na gestão de processos  
Autor: Adaptado de Campos, 2019.

A Definição do Processo consiste na definição do plano de trabalho, bem como a equipe e o cronograma a ser executado; reconhecimento dos clientes e suas necessidades e expectativas, além do reconhecimento dos fornecedores; e finalmente, o mapeamento do processo, demonstrando todas as fases e o fluxo do processo (Campos 2009).

A Análise do Processo consiste na utilização dos dados coletados para a avaliação e o desenvolvimento dos planos de Melhoria objetivando a Excelência do processo, ou seja, o mais alto grau de desempenho global do processo na sua efetividade, eficiência e adaptabilidade quando comparado aos seus concorrentes no mercado (Campos 2009).

A filosofia de Manufatura Enxuta reconhece a melhoria dos processos como algo continuado. Após o alcance da Excelência do processo, haverá um “novo” gargalo, o qual deve ser identificado e melhorado, tornando assim o procedimento cíclico.

### Valor sob a ótica do cliente

Valor pode ser considerado tudo aquilo que o cliente está disposto a pagar, ou seja, todos os recursos e processos responsáveis pela transformação do produto e que será percebido por ele.

Em “Muda, Mura, Muri - Tipos Atividades Que Geram Desperdícios” (Lean Institute Brasil 2019) são ressaltados os dois tipos de desperdícios identificados pela filosofia *Lean Manufacturing*: o tipo 1 que não agrega valor, mas é necessário, devendo ser minimizado (como atividades administrativas de uma empresa, por exemplo); e o tipo 2, que não agrega valor e é desnecessário, devendo, portanto, ser eliminado. Ohno (1975) apresenta os sete desperdícios do Sistema Toyota de Produção (STP) que devem ser eliminados:

- Superprodução (produção em excesso): Fazer além da quantidade necessária. De acordo com Toyota, este é o maior dos desperdícios, pois acarreta todos os outros;
- Estoque (Inventário): Material retido em estoque, implicando em desperdício de espaço e investimentos para manutenção;
- Transporte: Movimentação desnecessária de materiais e informações, dispendendo tempo e recursos;
- Espera: Pessoas aguardando ou espera de materiais para processamento;
- Processamento desnecessário: Etapas desnecessárias sob a ótica do cliente; atividades que não transformam o produto;
- Defeito: Produto defeituoso, reclamação de cliente, retrabalho, devolução;
- Movimentação: Movimentação desnecessária ou lenta.

Mais tarde, foi incluído a essa lista o desperdício de conhecimento/ talento humano, ou seja, desperdiçar o potencial criativo humano e suas formas de manifestar seus conhecimentos e habilidades.

Rohac e Januska (2015) , assim como outros autores, chamam a atenção para o excesso de inventário, pois o mesmo torna difícil a identificação de diversos outros desperdícios e problemas no processo.

Nessa época, a noção de perdas estava associada basicamente às coisas materiais. Estudos posteriores sobre sistemas produtivos mostraram que as perdas também podem ser ocasionadas pela falta de visão sistêmica da produção, falta de padronização de métodos e mau gerenciamento de pessoas (Abreu 2002).

Campos (2009) enfatiza que toda tarefa deve ser reconhecida como parte de um processo somente se sua ação representar o acréscimo de valor ao produto ou serviço, modificando a situação de “entrada”. Caso contrário, significa desperdício de energia e aumento do custo final.

Conforme pode-se notar, todas as atividades de apoio não agregam valor para o cliente. Em uma usina siderúrgica o cliente final compra a bobina de aço. O processo de laminação para a produção dessa bobina agrega valor para o cliente, mas a usinagem do cilindro que será utilizado no laminador, não. Assim, os esforços de produção devem ser voltados para as atividades essenciais. As atividades de apoio e seus custos, aquelas que o cliente final não percebe, devem ser minimizadas.

Sob a ótica de que, em uma empresa, um processo posterior é cliente do processo anterior, a usinagem do cilindro é fornecedora do processo de laminação de tiras de aço. Nesse sentido, o mapeamento de valor deve ser feito e analisado levando em consideração as atividades que são essenciais para a entrega do cilindro reparado atendendo as características desejadas e necessárias para o seu cliente.

## Mapeamento de valor

“Fluxo de Valor” em um fluxo de produção é toda ação necessária para levar um produto desde a matéria-prima até o consumidor (Rother e Shook, 2012). Mapeamento de valor é uma ferramenta de melhoria que objetiva auxiliar na visualização do processo produtivo, onde são representados os fluxos de materiais e informações de uma determinada família de produtos (Singh et al., 2011) e ajudar na identificação de desperdícios existentes no sistema (Liker, 2004).

Bonaccorsi et al. (2011) based on Value Stream Management (VSM) propõem uma nova forma e compreensão do conceito *Lean* através do que foi chamado de *Service Value Stream Management (SVSM)*, - Gerenciamento do Fluxo de Valor do Serviço. Os autores redefiniram o *Value Stream Management (VSM)* – Gerenciamento do Fluxo de Valor – especificamente nos seguintes pontos: 1) foram criados novos códigos para a elaboração do mapa; 2) a maioria dos conceitos *Lean* foram adaptados/ modificados; 3) conceitos como *takt time* e *pitch* foram redefinidos para uma forma mais adequada.

O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta que ajuda a visualizar e entender o fluxo de materiais e de informações na medida em que o produto segue o fluxo de valor através da combinação de conceitos e técnicas *Lean*, pois “na produção *Lean*, o fluxo de informações deve ser tratado com tanta importância quanto o fluxo de materiais” (Rother e Shook, 2012, 5). Singh et al. (2011) acrescenta ainda que uma etapa muito importante do processo de mapeamento de valor é documentar a relação entre o processo produtivo e os controles usados para gerenciar estes processos.

Para Rother e Shook (2012), mais importante que mapear o fluxo de valor, é implementar um fluxo que agregue valor. Ou seja, o objetivo deve ser reconfigurar o processo de forma a desenvolver um fluxo contínuo, livre de erros e interrupções (Bonaccorsi et al. 2011) based on Value Stream Management (VSM). A Figura 4 representa as etapas iniciais do mapeamento do fluxo de valor.

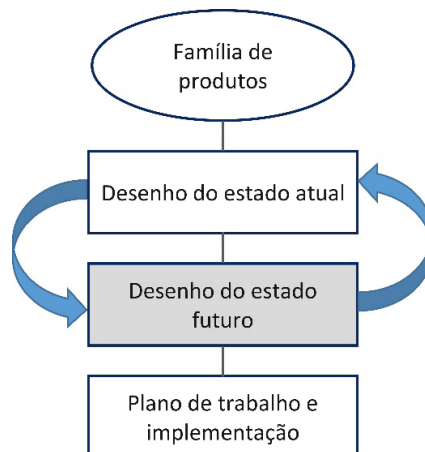


Figura 4 - Etapas Iniciais do Mapeamento do Fluxo de Valor

Fonte: Adaptado de Rother & Shook, 2012

As setas em duplo sentido entre os estados atual e futuro indicam que o desenvolvimento e os esforços de ambos estados são superpostos. As ideias sobre o estado futuro virão à tona enquanto é feito o mapeamento do estado atual e, da mesma forma, ao desenhar o estado futuro, geralmente observa-se informações importantes do estado atual que não haviam sido percebidas (Rother e Shook, 2012).

Após a elaboração do estado atual melhorado, ou seja, um estado futuro, o próximo passo é preparar um plano e realizar a implementação para chegar a este estado. Quando o estado futuro torna-se realidade, um novo mapa do estado futuro deve ser feito, de modo que se faça a melhoria contínua no nível do fluxo de valor (Rother e Shook, 2012).

### **Mapeamento do estado presente**

O mapeamento do fluxo de valor realizado neste estudo se baseia nos conceitos adotados por Rother e Shook (2012), onde foca-se no fluxo de produção, desde a demanda do consumidor até a matéria-prima. Ou seja, no fluxo de produção “porta a porta” dentro de suas próprias instalações.

O primeiro passo do método é selecionar uma família de produtos que passem por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns nos seus processos, bem como identificar sua demanda e a frequência de entregas.

O estado atual deve ser elaborado a partir de coleta de informações no chão de fábrica, com papel e lápis. Rother e Shook (2012) enfatizam a importância de o mapeamento ser realizado a mão e a lápis, pois, sendo assim, não haverá delegação desta tarefa, garantindo que o maior interessado entenda realmente os fluxos de materiais e informações. Chukukere et al. (2014), consideram que o tradicional método de mapeamento do fluxo de valor com papel e lápis é um ponto de partida para gerentes e engenheiros identificarem as atividades que agregam e as que não agregam valor, além da eficiência do fluxo do processo.

Para a realização do mapa, faz-se uso de um conjunto de símbolos conforme apresentado na Figura 5.

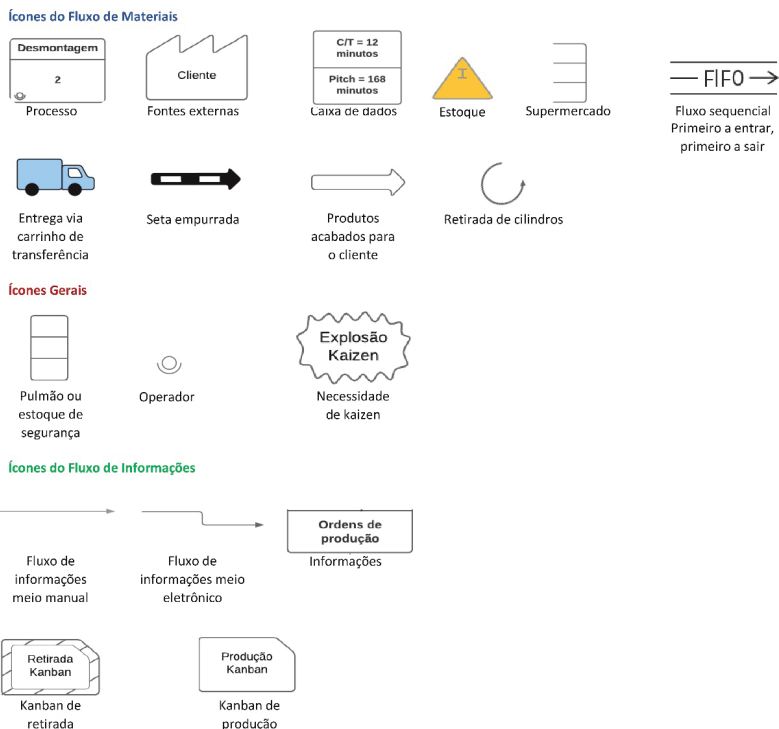


Figura 5 - Símbolos utilizados para o mapeamento do processo  
 Fonte: Adaptado de Rother e Shook, 2012

## Criando um Fluxo de Valor Enxuto

Um parâmetro importante para a criação do mapa do estado futuro pode ser a resposta para a pergunta que Rother e Shook (2012, 5) fazem: “Como podemos fluir a informação de modo que um processo seja acionado somente quando o processo seguinte solicitar?”, ou seja, produzir apenas o que o próximo processo necessita e quando necessita, buscando ligar todos os processos em um fluxo regular sem retornos e que gere o menor tempo de processamento (*lead time*), a mais alta qualidade e o menor custo.

Para a criação de um fluxo de valor enxuto, os referidos autores propõem sete procedimentos, mostrados na Figura 6, e explicitados a seguir.

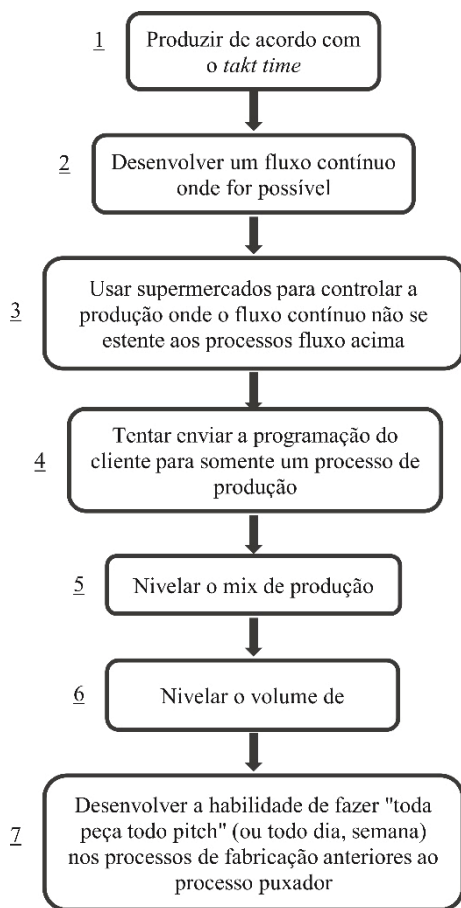


Figura 6 - Procedimentos para a criação de um fluxo de valor enxuto

Fonte: Baseado em Rother e Shook, 2012

### Procedimento 1: Produzir de acordo com o tempo *takt*

O conceito de tempo *takt* ou *takt time* é a frequência com que se pode produzir uma peça ou produto baseando-se no ritmo de venda para atender a demanda dos clientes, isto é, é usado para sincronizar o ritmo da produção com o ritmo das vendas (ou entregas) (Rother e Shook, 2012). O mesmo é obtido através da divisão do tempo de trabalho (em minutos ou segundos) disponível por turno pelo volume da demanda do cliente (em unidades) por turno.

### Procedimento 2: Desenvolver um fluxo contínuo onde for possível

Os autores conceituam fluxo contínuo como a produção de uma peça de cada vez, cada item sendo passado imediatamente de uma etapa do processo para a seguinte sem nenhuma parada entre eles. Acrescentam, ainda, que esta é a forma mais eficiente de produzir e que, uma boa forma de iniciar pode ser



combinar fluxo contínuo com um pouco de FIFO e sistema puxado. Ao passo em que os processos se tornam mais confiáveis, amplia-se o fluxo contínuo.

Procedimento 3: Usar armazéns para controlar a produção onde o fluxo contínuo não se estende aos processos fluxo acima

Onde houver pontos no fluxo de valor onde o fluxo contínuo não for possível, normalmente precisa-se instalar um sistema puxado onde o fluxo contínuo é interrompido e o processo anterior ainda deve fabricar com base em lotes.

Uma eficaz ferramenta *Lean* para auxiliar neste processo é o sistema Kanban, o qual, conforme explica Singh et al. (2011), auxilia no atendimento do cronograma de produção e na disciplina de entregas dos produtos corretos. Ou seja, controla a produção no processo de fornecimento sem tentar programar a produção entre os fluxos (Rother e Shook, 2012).

Procedimento 4: Tentar enviar a programação do cliente para somente um processo de produção

No mapa do estado futuro, o processo puxador deve ser aquele onde a produção é controlada pelo cliente externo (Rother e Shook, 2012). Os autores enfatizam que definindo um processo puxador, este irá definir o ritmo para todos os processos anteriores.

Procedimento 5: Nivelar o *mix* de produção

No objeto de estudo, comumente é priorizado o reparo dos cilindros de acabamento – cadeira F7 do Laminador de Tiras à Quente – devido à maior possibilidade de acidentes no processo de laminação e necessidade de entregas fora do momento programado.

Rother e Shook (2012) ressaltam o aumento de estoque no processo ocasionado pela prática da priorização de um tipo de produto e, ainda, um *lead time* mais longo. Os autores afirmam que a manufatura dos produtos deve ser distribuída uniformemente durante um período de tempo, ocasionando na eliminação de uma grande quantidade de desperdício no fluxo de valor.

Procedimento 6: Nivelar o volume de produção

Não é raro a liberação de grandes lotes de trabalho para os processos no chão de fábrica, o que torna difícil monitorar o processo. Rother e Shook (2012) recomendam a liberação regular de uma pequena e consistente quantidade de trabalho no processo puxador, enquanto retira esta mesma quantidade de produtos acabados. Esta quantidade pode ser um lote do tamanho da entrega, e o tempo de produção nivelado conforme o *pitch*, ou seja, tempo *takt* x quantidade de um lote.

Os autores recomendam a “retirada compassada”, conforme mostrado na Figura 8 onde, a retirada de um lote completo (ou *pitch*), indica ao processo puxador a necessidade de produção de um novo lote.

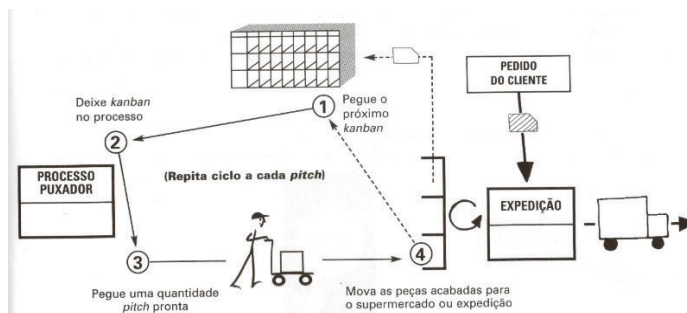


Figura 7 - Exemplo de “retirada compassada”

Fonte: Rother e Shook, 2012.

Procedimento 7: Desenvolver a habilidade de fazer “toda peça todo *pitch*” (ou todo dia, semana) nos processos de fabricação anteriores ao processo puxador

Santos et. al. (2011) explicam *pitch* como sendo um contador de tempo adequado para a produção de peças que são entregues em lotes. Através da redução do tempo de troca e da produção de lotes menores, os processos tornam-se capazes de responderem com maior velocidade às mudanças posteriores. Além disso, diminuirão o estoque nos supermercados Rother e Shook (2012).

### Criação do Mapa do Estado Futuro

Tomando como guia os procedimentos descritos, o objetivo do mapa futuro é a construção de uma cadeia de produção onde os processos sejam articulados por meio de um fluxo contínuo ou puxado, se aproximando o máximo possível de produzir apenas o que os clientes precisam e quando precisam (Rother e Shook, 2012). Os autores criaram oito questões-chave a serem feitas olhando o mapa atual para auxiliar no processo de construção do estado futuro:

- 1) Qual é o tempo takt?
- 2) A produção será para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para a expedição?
- 3) Onde pode ser usado o fluxo contínuo?
- 4) Onde será necessário introduzir os sistemas puxados com armazéns?
- 5) Em que ponto único da cadeia de produção será programada a produção (ou seja, onde será o processo puxador?)
- 6) Como será nivelado o *mix* de produção no processo puxador?
- 7) Qual o tamanho do lote ou quantidade de peças deverão ser liberadas de forma uniforme do processo puxador?

- 8) Quais melhorias de processo serão necessárias para que o fluxo de valor flua conforme as especificações do projeto do estado futuro?

Para Liker (2004), uma forma de criar o mapa de um estado futuro é através da realização de eventos de melhorias com duração de uma semana onde os participantes desenvolvem uma visão enxuta do processo e iniciam as mudanças. É importante ressaltar que é indispensável a participação do “dono” do processo onde será implementada a melhoria e das pessoas que atuam na área. No entanto, os autores aconselham a participação de não mais de quinze pessoas, para tornar a reunião produtiva.

Liker (2004) definiu cinco etapas a serem realizadas antes das reuniões (ou oficinas) de melhoria:

- 1) Definir claramente um escopo para a reunião;
- 2) Estabelecer objetivos mensuráveis que devam ser alcançáveis, embora desafiadores para estimular o processo inovador. Além disso, é fundamental que estejam alinhados com os objetivos estratégicos da empresa;
- 3) Já ter criado, preliminarmente com um grupo de três ou quatro pessoas, um mapa do estado presente. Se algum dado necessário para o mapeamento não estiver disponível, o momento da reunião será fundamental para a coleta do mesmo;
- 4) Coletar documentos relevantes como por exemplo procedimentos do processo;
- 5) Colocar o mapa atual à visão de todos durante a reunião, de preferência em papéis tamanho A3 colados na parede onde as pessoas possam colar e alocar tarefas através de *post-its* permitindo anotações e modificações durante os eventos.

A aplicação de ferramentas da filosofia *Lean* precisa ser acompanhada de uma mudança cultural para que a mudança seja sustentável (Gupta e Sunde, 2016). Dessa forma, para implementar os conceitos *Lean* é fundamental que os funcionários participem do processo, pois são as pessoas que têm maior conhecimento sobre o que acontece em campo e, além disso, serão quem irá atuar no processo em seu estado melhorado (Bonaccorsi et al., 2011) based on Value Stream Management (VSM).

Os autores acrescentam que fatores intangíveis como a rapidez, eficiência, boa vontade e cordialidade dos trabalhadores demonstram se o serviço está sendo executado negativamente ou positivamente e que, esse aspecto pode ser ainda mais importante que o serviço propriamente dito. Dessa forma, as pessoas são a chave para o sucesso do processo de melhoria, uma vez que *Lean* não é sobre cortar pessoal e recursos, mas ao contrário, é sobre direcionar os esforços da mão-de-obra para tarefas criativas, acelerando as operações para a progressiva eliminação de desperdícios e tempos ociosos. (Bonaccorsi et al., 2011) based on Value Stream Management (VSM).

## Softwares para Mapeamento de Processo

Existe um conjunto de tecnologias que auxiliam no gerenciamento dos processos de forma flexível, rápida e confiável, que acompanham as mudanças na área de TI e do ciclo dos processos das empresas (Neto e Junior, 2008). Os autores explicam que o BPMN (*Business Process Modelling Notation*) foi criado para padronizar a linguagem de representação dos processos envolvendo atividades do ciclo de vida do processo através dos fluxos de atividades, pontos de decisão e, inclusive, eventos externos. Essa padronização auxilia na comunicação entre processos de empresas distintas. Aguiar et. al. (2016) enfatizam que BPMN é a notação mais usada nos ambientes corporativos no mundo todo e incorporada aos principais *softwares* de gestão de processo.

Há diversos *softwares* disponíveis no mercado para este fim, com grande qualidade, suporte e automação, desenvolvidos por grandes empresas como IBM, Unisys, Oracle e SAP, porém com preços inacessíveis para pequenas e médias empresas (Aguiar et. al., 2016). O BizAgi *Process Modeler* é um *software* muito conhecido que utiliza a notação BPMN e, segundo Aguiar et. al. (2016), é um dos mais utilizados no mercado. Apesar de ser uma ferramenta paga, possui um módulo gratuito para modelagem do processo. No entanto, este *software* não possui recurso para criação do Mapeamento do Fluxo de Valor. A seguir apresentam-se algumas opções de *software* exclusivamente para este fim.

Outro *software* muito popular para mapear processos é o MSVisio®, aplicativo da Microsoft, disponibilizado nas versões *Standard* e *Professional*. A primeira é gratuita, a última, no entanto, oferece recursos automatizados para diagramas mais avançados, além da funcionalidade de integração com dados de outros aplicativos, que podem ser apresentados graficamente. É amplamente utilizado por grandes empresas como a TIM, por exemplo.

O Lucidchart, por sua vez, é disponibilizado na versão gratuita, para uso *online*, ou paga, com maiores recursos, permitindo importar e exportar diagramas para o Visio. É utilizado por empresas como Tesla, Netflix, Coca-Cola e Spotify e foi o *software* utilizado na elaboração dos mapas deste estudo.

Alguns autores combinam *softwares* de mapeamento de fluxos com simulação. Coppini et al. (2011) demonstram em seu estudo a sinergia existente entre as duas ferramentas. Shararah et. al. (2011), por sua vez, enfatizam que a simulação pode fortalecer as análises e a evolução do presente para o estado futuro.

## 3. Método

A elaboração deste trabalho consistiu, primeiramente, em uma pesquisa bibliográfica sobre exemplos de aplicações do Mapeamento do Fluxo de Valor especialmente dentro de unidades fabris. Então, tomando como guia os fundamentos de Rother e Shook (2012), foi construído um mapa de fluxo de valor do estado atual da Oficina de Reparação de Cilindros de Laminação a Quente e, posteriormente, criado e proposto um mapa do estado futuro.

## 4. Estudo de caso e Resultados

### A criação do mapa de valor do estado presente

A família de produtos selecionada foram os cilindros de acabamento do Laminador de Tiras a Quente a qual consiste em sete pares distintos de cilindros, denominados de F1, F2, F3, F4, F5, F6 e F7. Esses sete pares juntos formam um ciclete, o qual deve ser entregue ao cliente.

Uma particularidade do processo é que os pares de cilindros não possuem sempre as mesmas características, podendo ter algumas variações conforme o produto a ser laminado. Isso quer dizer que, um ciclete entregue ao cliente poderá não ser exatamente igual ao próximo que deverá ser reparado pela oficina de cilindros. A principal diferença que ocorre é no coroamento do cilindro, ou seja, o diâmetro central que pode ser maior ou menor que o diâmetro das extremidades do mesmo. Conforme o tipo de aço a ser laminado no Laminador de Tiras a Quente, o Setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP) envia o pedido de produção à equipe de Laminação e à Oficina de Reparação de Cilindros. Duas vezes ao dia o líder de produção da Oficina entra em contato com o PCP, via telefone, para confirmar a programação, passando a informação para o responsável da área, o qual informa a demanda de produção aos retificadores e montadores.

O mapeamento do fluxo foi elaborado com lápis e papel, caminhando no chão da fábrica e os dados foram coletados através de acompanhamento de todos os processos e cronometragem de cada etapa durante três meses.

O fluxo de porta a porta da oficina de cilindros compreende desde o recebimento dos cilindros usados montados com os mancais, até a devolução para o cliente dos cilindros conforme as especificações solicitadas montados novamente com os mancais. O fluxo compreende as etapas de desmontagem do cilindro e mancal, resfriamento do cilindro, retificação (reparação), inspeção e montagem novamente em um mancal para entrega ao cliente.

A frequência de entrega é de 1 ciclete a cada 4 horas, ou seja, 84 cilindros por dia, a qual ocorre através de carrinhos de transferência que comportam duas cadeiras, cada carrinho. Ao todo são três carrinhos de transferência, devendo um deles fazer duas viagens para completar a entrega do ciclete completo. Todos os dados de tempo neste estudo foram trabalhados em minutos.

A oficina trabalha 24 horas por dia divididos em 3 turnos de 8 horas. Dessa forma, o *Takt Time* pode ser calculado.  $Takt\ time = \text{tempo disponível por dia (min)} / \text{demanda diária (unidades)} = 1440\ \text{min} / 84\ \text{cilindros} = 17,14\ \text{min}$ .

No mapa, cada processo é representado por um retângulo (caixa) e, embaixo de cada uma, encontram-se a quantidade de operadores que trabalham nesta atividade e o tempo de ciclo (T/C), ou seja, tempo que leva entre um componente e o próximo saírem do mesmo processo, em minutos e o número

de pessoas necessárias para operar o processo. É importante ressaltar que, no processo de retificação há três máquinas, cada uma sendo operada por um operador, cada um deles retificando um cilindro por vez (e não uma máquina sendo operada por três pessoas).

Ainda no mapa do estado presente, está registrado do valor do *pitch* em cada processo, o qual representa o tempo necessário para a produção de um ciclete completo.

Na etapa de resfriamento não há a necessidade de nenhum operador pois esta atividade é automática, sendo necessário apenas um funcionário acionar os chuveiros, os quais, após 45 minutos, são desligados automaticamente.

Durante cada etapa há sempre um operador acompanhando o deslocamento do cilindro para auxiliar no engate e desengate da ponte rolante. Este pode ser o responsável da área, também responsável por auxiliar na gestão do fluxo do processo, ou pelo operador do próximo equipamento.

Na Oficina de Cilindros do Laminador de Tiras a Quente da usina em estudo, há estoque de produtos entre cada processo, conforme pode ser observado no mapa. A quantidade registrada embaixo do triângulo está expressa em tempo. Depois da montagem, o ícone do carrinho de transferência e a seta larga indicam o movimento do ciclete até o cliente.

O mapa do estado atual pode ser visto na Figura 8. Nota-se que o tempo de agregação de valor no processo atual é de 139 min, ao passo em que o *lead time* é de 787 min, enquanto o *pitch* é de 420 min.

Importante ressaltar que a etapa de inspeção não é um processo, no entanto, ele foi destacado com uma caixa de processo no mapa deste estudo diante da constatação de ser um gargalo para o processo e um ponto onde devem ser tomadas ações para melhorar o fluxo de valor.

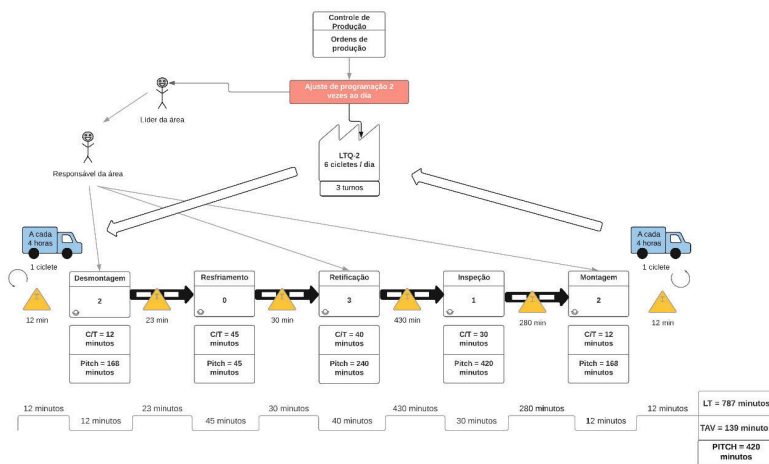


Figura 8 - Mapa do estado presente

Fonte: Os autores, 2018.

## Análise Do Fluxo De Valor

Para a Oficina de Cilindros tem-se que tempo *takt* = 480 minutos/ 28 cilindros = 17,14 minutos. Ou seja, para atender a demanda do laminador, a oficina precisa montar um cilindro reparado a cada 17,14 minutos. Este tempo é definido pelo cliente, não podendo ser alterado.

No entanto, as atividades de resfriamento e retificação não produzem um cilindro por vez. O processo é capaz de resfriar os 14 cilindros necessários para formar um ciclete ao mesmo tempo e, há três retificadoras, podendo-se reparar três cilindros ao mesmo tempo. Dessa forma, para melhor análise, foi comparado o *takt time* com o pitch de produção, ou seja, tempo de processo para um ciclete, e não uma peça. Esses dados podem ser observados na Figura 9.

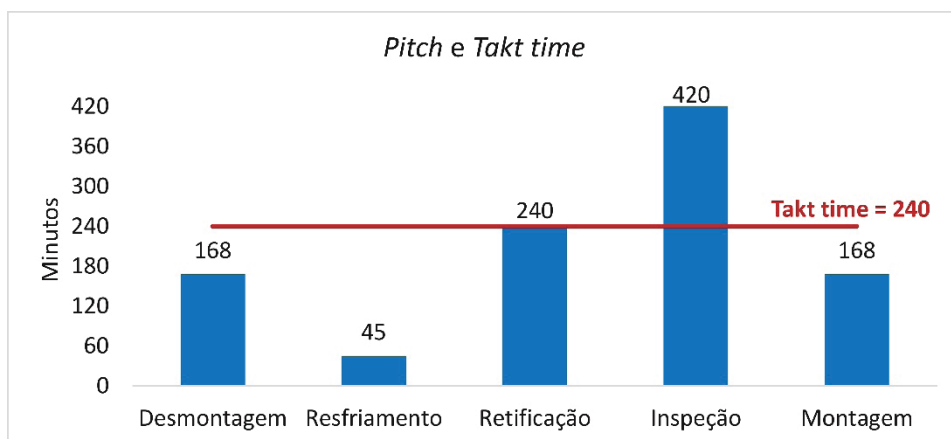


Figura 9 - Comparação entre o tempo de produção de um ciclete (pitch) e o *takt time*

Fonte: Os autores, 2018

Observa-se na Figura 9 que o tempo de retificação é exatamente igual ao *takt time*, e as atividades de montagem e desmontagem não estão tão distantes, no entanto, há uma grande ociosidade na etapa de resfriamento e um problema na etapa de inspeção, sendo esta 75% maior que o tempo *takt*.

O primeiro ponto de atenção é que as atividades que demandam mais tempo no processo são nos estoques antes e após a inspeção, etapa que conforme enfatiza a filosofia *Lean*, deve ser minimizada, pois não agrega valor para o cliente. O maior tempo de inventário antes da etapa de inspeção indica que este é o gargalo do processo, ou seja, onde deve ser feita a análise para entender a causa raiz do problema e atuar para melhorar. No mapa futuro, esta necessidade de melhoria é representada por um símbolo de Kaizen.

Os cilindros quando chegam na Oficina de Cilindros para reparação, logo são desmontados, mas nem sempre vão direto para os resfriadores. Foi observado um tempo de espera entre as duas etapas. Outra observação importante é que, a partir da etapa de retificação, a produção não é continuada nem balanceada. Ou seja, as retificadoras operam de forma ininterrupta e sem um planeja-

mento prévio. Cada retificador ou pega um cilindro do resfriador ou procuram um cilindro nas estantes para retificar, sem um esforço coletivo para completar um ciclete para entregar ao cliente.

Ao analisar o tempo na atividade de inspeção, observou-se que em condições normais, esta etapa dura em média 240 minutos para cada ciclete completo, ou seja, acompanhando o *takt time*. Foi observado que problemas estruturais no cilindro como trinca, descontinuidade e porosidade ocasionam reinspeções e dificultam a identificação, análise e tomadas de decisão durante o processo de inspeção. Trinca e descontinuidade são problemas ocasionados durante o processo de laminação no Laminador de Tiras a Quentes, enquanto porosidade está associado a defeitos de fabricação.

O elevado inventário após a etapa de inspeção representa desperdício, ou seja, Produção em excesso. São inspecionados e liberados cilindros para a montagem em maior quantidade do que o demandado, diferente das especificações do momento, o que provoca paradas no Laminador por falta de cilindro.

### **Criação do mapa do estado futuro**

Após o mapeamento e a análise do mapa do fluxo de valor do estado presente, não é raro perceber a oportunidade de melhorias rápidas, as chamadas *quick wins*. Por se tratar de uma Oficina de Cilindros onde cada cilindro tem mais de 35 toneladas, mudanças que seriam rápidas requerem um bom planejamento prévio. Uma melhoria essencial observada é a organização dos cilindros separados por cadeira de laminação e a definição de locais específicos para os armazéns e pulmões entre cada etapa do processo. Outra melhoria necessária é a reparação dos alarmes luminosos existentes nas retificadoras que acendem quando é terminado o reparo de um cilindro. Dessa forma, a ponte rolante prontamente pode trocar o cilindro da máquina, retirando o reparado e levando o próximo a ser retificado.

Para o mapa futuro, é proposto:

- 1- Processo puxador: Montagem;
- 2- A implantação de um quadro Kanban na etapa de montagem indicando a cadeira que ele precisa (F1 a F7) e suas respectivas especificações de coroamento;
- 3- A retirada do cartão Kanban será realizada pela etapa de inspeção quando esta efetivamente realizar a inspeção e liberar o cilindro para montagem. Caso contrário, o cilindro inspecionado e não liberado irá para um pulmão de responsabilidade da equipe de especialistas para tomada de decisão. Nesse caso a etapa de retificação deverá reparar um outro cilindro para o cliente. No mapa do estado futuro, um símbolo de Kaizen representa a necessidade de melhoria na etapa de inspeção para minimizar a necessidade desse pulmão, como também das próprias inspeções.
- 4- Após a desmontagem do cilindro, a transferência deste deve ser feita imediatamente para o resfriador. A ponte rolante deve seguir a ordem de transporte: carrinho de transferência → berço de desmontagem → resfriador → carrinho de transferência (para pegar o próximo par de cilindros);
- 5- Após a etapa de resfriamento, o cilindro vai para um supermercado, de onde



os retificadores retiram os cilindros para reparação conforme a demanda do processo puxador;

- 6- Em cada retificadora, é proposto a instalação de um visor com um letreiro. O visor sinaliza ao responsável da área a necessidade de transferência do cartão Kanban da montagem para a retificação e, ao operador de ponte rolante, a demanda do cilindro que deve ser posto na máquina para reparação. Juntamente com o alarme luminoso que indica o fim da reparação e “chama” o operador de ponte rolante, a produtividade da máquina tende a aumentar. No mapa do estado futuro, esta proposta está representada por um cartão Kanban e um armazém.
- 7- Na etapa de retificação foi inserido um símbolo de Kaizen para melhoria no tempo de retificação. Foi observado que o tempo médio de retificação é de 40 minutos, mas a amplitudes desses tempos é muito alta, havendo uma diferença entre produtividade da mão-de-obra. Os retificadores mais experientes devem ajudar a desenvolver os mais novatos para melhorar este índice. Uma sugestão de meta para o tempo de retificação é de até 30 minutos.
- 8- Após a etapa de retificação, os cilindros são encaminhados para a montagem seguindo o FIFO. Quando é identificado no cilindro algum problema que cause reinspeção e atraso no processo, os engenheiros são chamados para atuar na tomada de decisão e, dessa forma, deve ser realizada a retificação de um outro cilindro dessa mesma cadeira e especificação para atender a demanda de produção. Tão logo um outro cilindro seja retificado, a inspeção deve priorizar o mesmo para depois dar continuidade à análise e resolução do cilindro que não está conforme. Dessa forma, pode haver um acúmulo de cilindros com problemas a serem analisados e tratados, permanecendo algum inventário antes desta etapa do processo. No mapa futuro, este inventário é representado como um pulmão de cilindros a serem inspecionados.

O mapa do estado futuro pode ser observado na Figura 10.

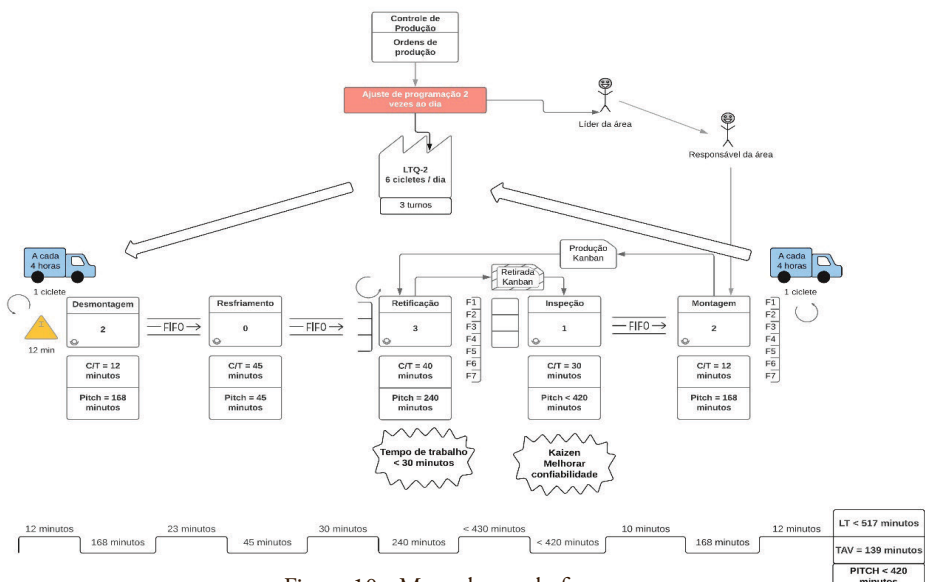


Figura 10 - Mapa do estado futuro

Fonte: Os autores, 2018

Com o mapeamento do fluxo de valor do estado futuro, espera-se que o inventário de 430 minutos anterior a etapa de inspeção diminua, pois só serão retificados cilindros conforme a necessidade demandada. E o inventário de 280 minutos após a etapa de inspeção deve ser reduzido para 10 minutos, que é o tempo de transporte da inspeção para o berço de montagem, seguindo o FIFO. O *pitch* da etapa de inspeção de 420 minutos também será menor, visto que não haverá mais espera e reinspeções para completar um ciclete.

## **Plano de Implementação do Mapa do Estado Futuro**

Para a implementação do estado do mapa futuro, as ações propostas foram desdobradas em um plano de ação, o qual pode ser observado na Figura 11.

O plano de ação apresenta uma previsão de desdobramento semanal, com prazos definidos, onde os nomes dos responsáveis por cada atividade deverão ser incluídos na primeira reunião de melhoria para implementação do mapa do estado futuro.

Plano de Ação para Implementação do Estado Futuro																	
Id.	Atividade	Tempo estimado (em semanas)											Responsável**	Desperdícios relacionados			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			12	13	14
1	Modificação do layout na Oficina de Cilindros																
1.1	Levantamento da quantidade de vagas nas estantes de cilindros															G	
1.2	Inventário de cilindros em estoque															P	
1.3	Proposta para nova organização dos cilindros nas estantes, incluindo os supermercados propostos															E	* Transporte desnecessário de cilindros; * Espera na etapa da produção enquanto procura o cilindro nas estantes; * Defeito, erro ao pagar cilindros errados para produzir; * Movimentação excessiva procurando os cilindros nas estantes.
1.4	Implantação da mudança															G	
1.5	Revisão dos procedimentos operacionais															E/G	
1.6	Treinamento dos operadores															G	
2	Instalação de kaban no processo puxador (montagem) e inspeção															E	
2.1	Definição de layout dos quadros kaban															P	
2.2	Orçamento e compra dos quadro e cartões															M	
2.3	Instalação dos quadros															E/G	
2.4	Elaboração de procedimento operacional para utilização do kaban e puxada de produção															G	
2.5	Treinamento dos operadores																
3	Manutenção corretiva nos alarmes das retificadoras															M	
3.1	Análise das condições e definição de atividades necessárias para correção dos shames															P	
3.2	Orçar e comprar material necessário															M	
3.3	Manutenção corretiva															E/G	* Espera de porite relinote para efetuar a troca dos cilindros na retificadora; * Movimentação desnecessária do operador para chamar o operador de panter relinote para efetuar a troca.
3.4	Criação de procedimento operacional para troca de cilindros na retificadora															G	
3.5	Treinamento dos operadores																
4	Instalação de visor nas retificadoras															P	
4.1	Orçamento e compra de visores															M	
4.2	Instalação															G	* Produção excessiva de cilindros, visto que mais de um retificador reparava cilindro da mesma categoria de laminação; * Estoque de cilindros retificados; * Transporte excessivo desses cilindros, ocasionando processamentos desnecessários e defeitos; * Espera para completar um ciclo completo; * Movimentação desnecessária.
4.3	Treinamento dos operadores																
5	Revisão dos procedimentos operacionais															G	
5.1	Revisão final e impressão dos padrões operacionais																
6	Treinamentos																
6.1	Treinamento mecanismo FIFO															E/G	* Importante para prevenir todos os desperdícios.
6.2	Verificação de cumprimento adequado dos procedimentos operacionais atualizados															G	* O sequenciamento em FIFO vai evitar todos os desperdícios tomando a produção balanceada.
7	Implementação de kaizen nas retificadoras																* Importante para prevenir todos os desperdícios.
7.1	Identificação dos operadores mais experientes															G	
7.2	Identificação de melhores práticas															E	* Kaizen nas retificadoras vai ajudar na diminuição de todos os desperdícios da metodologia Lean Manufacturing, permitindo um nivelamento no conhecimento da equipe, melhor balanceamento da produção e redução do tempo de ciclo da refinação e lead time do processo.
7.3	Elaboração de um plano de treinamento operacional															E/G	
8	Implementação de kaizen na inspeção																
8.1	Criação e estruturação de uma equipe funcional para Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA)															E/G	* Um projeto de melhoria na etapa de inspeção através do FMEA é fundamental para a busca de um processo cujas falhas sejam gerenciadas e controlas para sua definitiva eliminação e melhoria contínua do processo.

\*\* G - Gerente; E-Engenheiro da Qualidade; M-Manutenção; P-Planejamento.

Figura 11 – Plano de implementação para o Mapa de Estado Futuro  
Fonte: Os autores, 2018.

As atividades do plano de ação estão relacionadas com as propostas descritas no Capítulo 6 que trata da criação do mapa de valor do estado futuro, bem como uma mais de um desperdício abordado pela metodologia/ filosofia *Lean Manufacturing*, explicitadas na última coluna do plano.

A primeira atividade do plano é a modificação do *layout*, devendo ser realizada a organização dos cilindros separando-os por cadeira de laminação e a definição de locais específicos para os supermercados e pulmão propostos no mapa de valor do estado futuro. Esta organização vai evitar os desperdícios relacionados, além de possibilitar uma maior eficiência às etapas do processo.

A implementação do sistema Kanban vai auxiliar o processo puxador (montagem) na demanda dos cilindros com suas respectivas especificações de cada cadeira de laminação conforme a necessidade do cliente. O Kanban na etapa de inspeção vai ajudar no controle da produção e na agilidade para tomadas de decisão.

Nas retificadoras, foi proposto a reparação dos alarmes luminosos que sinalizam os operadores de ponte rolante a necessidade de troca de cilindro na máquina. A ausência dos alarmes faz com que o retificador precise sair da máquina e caminhar até próximo à ponte rolante para fazer a sinalização manualmente. Também foi proposto a instalação de um visor com letreiro para sinalizar a cadeira de laminação do cilindro que o operador de ponte rolante deve colocar na máquina para a próxima reparação. Este letreiro juntamente com a dinâmica do Kanban da montagem vai evitar que retificadores diferentes reparem cilindros de uma mesma cadeira de laminação (produção em excesso) como acontece frequentemente no estado atual, além de ajudar a tornar o fluxo balanceado e melhorar a produtividade do processo.

O fluxo de produção seguindo o FIFO (*first in, first out*) tem o objetivo de tornar o fluxo mais dinâmico eliminando as esperas entre as etapas de desmontagem → refrigeração e inspeção → montagem. Também vai permitir a liberação dos resfriadores mais rapidamente, deixando-os livres para os próximos cilindros que serão desmontados.

Após a implantação de todas as modificações propostas é imprescindível a revisão e adequação de todos os padrões operacionais, bem como o treinamento de toda a equipe envolvida o processo de reparação de cilindros da oficina.

Este plano também propõe duas melhorias importantes: uma na retificadora, de forma a nivelar o conhecimento e a prática de retificação dos operadores, diminuindo a amplitude do tempo de operação existente atualmente e; na etapa de inspeção, é proposta a criação de uma equipe para Análise de Modo e Efeito das Falhas (FMEA) que existem neste processo.

## 8. Conclusão

O mapeamento do fluxo de valor do estado presente permitiu a identificação de oportunidades de melhorias relacionadas a todos os oito tipos de desperdícios abordados na filosofia *Lean manufacturing*.

O Plano para Implementação do estado futuro apresenta propostas de mudança de *layout* da Oficina de Cilindros, onde deve ser realizada a organização e separação dos cilindros de acordo com a cadeia de laminação. A implantação de mecanismo Kanban, supermercados e FIFO devem tornar o processo mais dinâmico, reduzir os desperdícios e aumentar a eficiência da produção.

A inspeção foi identificada como o gargalo da produção, atividade onde se deve ter maior atenção e esforços para melhorar a produtividade de toda a Oficina de Cilindros. Em função disso, torna-se necessário um estudo aprofundado das análises dos problemas de trinca e descontinuidade dos cilindros durante o processo de laminação do aço para um posterior trabalho de melhoria, além de melhorias no processo de validação no recebimento de cilindros dos fornecedores. Com a implementação das propostas deste trabalho, estima-se uma diminuição de cerca de 35% no *lead time*.

É importante ressaltar a importância da implantação das melhorias propostas para Oficina de Cilindros, pois além dos desperdícios percebidos e relatados que afetam a produtividade do processo e a lucratividade da empresa, as movimentações excessivas, transportes e esperas dos operadores na área produtiva aumentam sua exposição ao risco de acidentes, visto o alto grau existente em uma Usina Siderúrgica.

O próximo passo será a implantação do Plano de Implementação apresentado para alcançar o estado futuro, posterior análise e medição dos benefícios oriundos das mudanças realizadas a partir do estado atual.

# Referências

- ABREU, Renato Araújo. 2002. “Perdas No Processo Produtivo.” Rio de Janeiro: RAA Consultoria Ltda.
- AGUIAR, Wellington Sousa, Mariana Damasceno, and Francisco Melo. 2016. “Avaliação de Softwares Livres de Bpmn Para Mapeamento de Processos.” In XII Congresso Nacional de Excelência Em Gestão & III INOVARSE - Responsabilidade Social Aplicada. Rio de Janeiro.
- AZEVEDO, Irene Conceição Gouvêa de. 2016. “Fluxograma Como Ferramenta de Mapeamento de Pprocesso No Controle de Qualidade de Uma Indústria de Confeção.” In Congresso Nacional de Excelência Em Gestão. Rio de Janeiro.
- BONACCORSI, Andrea, Gionata Carmignani, and Francesco Zammori. 2011. “Service Value Stream Management (SVSM): Developing Lean Thinking in the Service Industry.” *Journal of Service Science and Management* 04 (04): 428–39. <https://doi.org/10.4236/jssm.2011.44048>.
- CAMPOS, Jorge de Paiva. 2009. “Mapeamento de Processos: Uma Estratégia Vencedora,” 1–26.
- CHUKUKERE, Azubuike, Krystel K Castillo-villar, and Hungda Wan. 2014. “Improving Operations through Dynamic Value Stream Mapping and Discrete-Event Simulation.” In *Proceedings of the 2014 Industrial and Systems Engineering Research Conference*.
- COPPINI, N L, L C Bekesas, E A Baptista, M Vieira Junior, and W C Lucato. 2011. “Value Stream Mapping Simulation Using ProModel ® Software.” São Paulo: UNINOVE - University Nove de Julho. [ncoppini@uninove.br](mailto:ncoppini@uninove.br).
- LIKER, Jeffrey K. 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World’s Greatest Manufacturer*. Vol. 2004. United States of America: McGraw-Hill.
- “MUDA, Mura, Muri - Tipos Atividades Que Geram Desperdícios.” 2019. Lean Institute Brasil. 2019. <https://www.lean.org.br/conceitos/78/muda,-mura,-muri---tipos-atividades-que-geram-desperdicios.aspx>.
- NETO, Manoel Veras Sousa, and Josué Vitor Medeiros Junior. 2008. “Afinal, o Que é Business Process Management (BPM)? Um Novo Conceito Para Um Novo Contexto.” *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação*, 2008. <https://doi.org/https://doi.org/10.5329/RESI.2008.0702009>.
- OHNO, Taiichi. 1975. *O Sistema Toyota de Produção: Além Da Produção Em Larga Escala*. Porto Alegre: Bookman.
- RIZZO, Ernandes Marcos da Silveira. 2007. *Processos de Laminação Dos Aços: Uma Introdução*. Edited by ABM. São Paulo, SP.

- ROHAC, Tomas, and Martin Januska. 2015. "Value Stream Mapping Demonstration on Real Case Study." In 25th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, 100:520–29. Pilsen: University of West Bohemia in Pilsen. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.399>.
- ROTHER, Mike, and John Shook. 2012a. "Aprendendo a Enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor Para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício." Lean Enterprise Institute, Inc. 2012.
- . 2012b. *Aprendendo a Enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor Para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício. Versão 1.4.* São Paulo, SP: Lean Inistitute Brasil.
- RUSSELL, Roberta S., and Bernard W. Taylor. 1999. *Operations Management: Creating Value along the Sypply Chain.* Seventh Ed. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, Inc.
- SANTOS, Luciano Costa, Cláudia Fabiana Gohr, and Eder Jonis dos Santos. 2011. "Aplicação Do Mapeamento Do Fluxo de Valor Para a Implantação Da Produção Enxuta Na Fabricação de Fios de Cobre." *Revista Gestão Industrial*, 2011. <https://doi.org/10.3895/S1808-04482011000400006>.
- SHARARAH, Mohamed A, Khaled S El-kilany, and Aziz E El-sayed. 2011. "Value Stream Map Simulator Using ExtendSim." In *Proceedings of the World Congress on Engineering*. London.
- SHRADHA Gupta Monica Sharma Vijaya Sunder M. 2016. "Lean Services : A Systematic Literature Review." *International Journal of Productivity and Performance Management* 65 (8): 1025–56.
- SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. 2019. "Os Sete Desperdícios Da Produção." Citisystems, March 1, 2019. <https://www.citisystems.com.br/7-desperdicios-producao/>.
- SINGH, Bhim, Suresh K Garg, and Surrender K Sharma. 2011. "Value Stream Mapping : Literature Review and Implications for Indian Industry," 799–809. <https://doi.org/10.1007/s00170-010-2860-7>.
- SLACK, Nigel, Stuart Chambers, and Robert Johnston. 2009. "Administração Da Produção." In *, Terceira E.* São Paulo, SP: Editora Alras.

# Teoria Grey Aplicada na Previsão da Demanda em uma Loja de Materiais de Construção

---

*Gustavo Jorge Martins de Aguiar<sup>42</sup> e Robisom Damasceno Calado, PhD<sup>43</sup>*

LabDGE - Laboratório Design Thinking Gestão e Engenharia Industrial<sup>2</sup>, Escola de Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense (UFF) <sup>1,2</sup>, Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brasil

## 1. Introdução

A metodologia de previsão da demanda aplicada por empresas tem como base a construção de um cenário para a demanda futura de um produto ou serviço. As organizações realizam previsões da demanda para, por meio deste cenário, planejar a alocação de recursos de forma que seja possível a redução de custos. Na visão de Tubino (10), a previsão da demanda é essencial para a elaboração do planejamento estratégico das organizações, uma vez que suas informações são usadas como suporte para a maioria das decisões que estão orientadas para o futuro da organização.

O estoque pode ser visto como uma ferramenta capaz de minimizar os efeitos da variação de demanda e de oferta oriundas das incertezas na previsão do cenário futuro da organização. A minimização dos estoques, tanto o estoque de matéria prima quanto o de produtos acabados, são um tema recorrente e que tem sido objeto de análise de vários profissionais, isto porque o tema está atrelado a redução dos custos para as empresas (4). Este tema é discutido na Filosofia Lean, que tem como um de seus fundamentos a eliminação de desperdícios, e é apresentado pela mesma como um dos oito desperdícios existentes em uma unidade produtiva (8)

---

42 E-mail do Autor Correspondente: [gustavoj.m.aguiar@Outlook.com](mailto:gustavoj.m.aguiar@Outlook.com)

43 E-mail do Autor Correspondente: [robisomcalado@id.uff.br](mailto:robisomcalado@id.uff.br)



Apesar da clara importância da previsão da demanda, uma vez que a acurácia da mesma é fundamental para reduzir o nível do estoque de segurança e, portanto, reduzir custos, a maioria das pequenas e médias empresas não faz uso de métodos de previsão, elas tomam como referência as vendas que foram realizadas no presente. Isto acontece porque a falta de familiaridade dos gestores dessas organizações em relação aos métodos de previsão faz com que acreditem que não é possível, através de dados passados, descrever com precisão o futuro (1).

De acordo com Guerrini, Belhot e Júnior (1), os métodos tradicionais quantitativos usados na previsão da demanda (análise de regressão, média móvel, média móvel ponderada exponencialmente, método Holt-Winters e modelo Box e Jenkins) são vários e apresentam diferentes níveis de complexidade. Apesar de esses modelos tradicionais descreverem o fenômeno das tendências de longo prazo com certo grau de precisão, eles têm a limitação de exigir uma grande quantidade de dados observados para que o modelo construído seja eficaz.

A previsão *grey* é uma área importante na Teoria *Grey*. Ela usa equações diferenciais aproximadas para descrever as tendências futuras de uma série de dados iniciais. O modelo *Even Grey Model*, que é a base da previsão *grey*, demonstrou ser capaz de prever a situação futura de sistemas, mesmo tendo disponível apenas conjuntos de dados com somente quatro observações (11). Por conta da eficácia na previsão de tendências onde os conjuntos de dados iniciais são pequenos, a aplicação do modelo tem um processo de coleta de dados mais simples que de modelos tradicionais e possibilita a realizações de previsões com maior frequência e facilidade. Sendo assim, pode-se considerar a previsão *grey* como uma poderosa ferramenta para analisar a tendência da demanda em um período curto, e, portanto, ela tem potencial para auxiliar gestores no processo de tomada de decisão.

Além desta introdução, o trabalho é composto por mais seis seções. A segunda seção apresenta a revisão da literatura sobre teoria da previsão *grey*. Na terceira, a metodologia do presente estudo é explicada. A quarta seção apresenta os dados coletados. Na quinta seção, o modelo de previsão proposto é construído e usado para prever tendências futuras da demanda, além disso, é feita a análise da acurácia do modelo. A discussão sobre os resultados obtidos é apresentada na sexta seção. Na seção seguinte, são expostas as conclusões sobre o trabalho. Por último são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas no presente estudo.

### **1.1 Formulação da Situação Problema**

A necessidade de soluções rápidas tem se intensificado por conta da dinamicidade do mercado e das constantes inovações tecnológicas. Assim, o tempo disponível para a tomada de decisão por parte dos gestores tem diminuído cada vez mais. O grande desafio é descobrir como prever as tendências da demanda usando poucas informações, com precisão e em um período curto. Isso é importante porque os gestores podem usar estas previsões como uma ferramenta de suporte no processo de tomada de decisões e consequentemente tomarem melhores decisões para o futuro das organizações.

## 1.2 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo explicar e avaliar a aplicação do método de previsão *grey* conhecido como *Even Grey Model* (1,1) para prever a demanda de uma empresa que atua no seguimento de vendas de materiais de construção, bem como contribuir com o conhecimento das áreas propostas nesta pesquisa.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1 Teoria Grey

A Teoria *Grey* é uma nova metodologia voltada para o estudo de problemas caracterizados por apresentarem pequenas amostras de dados para análise. Ela lida com problemas que apresentam certo grau de incerteza (que possuem informações parcialmente conhecidas) através da geração, mineração e extração de informação que seja relevante dos dados disponíveis. É comum a existência de problemas com essa característica na natureza e isto determina a grande variedade de problemas para os quais pode-se aplicar a Teoria *Grey* (6).

Segundo Liu e Lin (6), a estatística e probabilidade, matemática *fuzzy* e a Teoria *Grey* são os três métodos de pesquisa mais usados para investigar problemas com incerteza associada. Seus objetos de pesquisa contêm diferentes tipos de incertezas. São exatamente essas diferenças entre incertezas nos objetos de pesquisa que diferem essas três teorias uma das outras e definem as respectivas características delas. O foco da Teoria *Grey* são os problemas com incerteza relacionada à existência de pequenas amostras e dados incompletos que são difíceis da probabilidade e da matemática *fuzzy* resolver.

#### 2.1.1 Operadores Sequenciais

De acordo com Liu, Yang e Forrest (7), um dos objetivos principais da Teoria *Grey* é perceber relações matemáticas entre diferentes variáveis de sistemas através de dados disponíveis que caracterizem o comportamento e a interação entre essas variáveis.

A Teoria *Grey* tem como fundamento a ideia de que todo sistema possui funções e propriedades inerentes a ele, mesmo que a identificação destas seja difícil. Nesse sentido, para entender as leis que caracterizam o sistema, e consequentemente a relação entre suas variáveis, é preciso identificar o padrão implícito nas sequências de dados disponíveis através do enfraquecimento da aleatoriedade. Em virtude desse problema foram construídos os operadores sequenciais *grey* (5).

Um operador importante e que auxilia no processo de identificação de padrões implícitos em uma sequência de dados é o operador de geração acumulada (7). Seja  $X$  a sequência de dados originais, o operador de geração acumulada (1-AGO) gera a seguinte sequência de dados:

$$X^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$$

onde,

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x(i) ; k = 1, 2, \dots, n.$$

O operador que é capaz de retornar aos valores originais da série é o operador inverso ao de geração acumulada (1-IAGO). Seja ele aplicado a sequência de dados  $X^{(1)}$  acima, então o operador gera a sequência de dados:

$$X = (x(1), x(2), \dots, x(n))$$

onde,

$$x(k) = x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k - 1); k = 2, 3, \dots, n.$$

### 2.1.2 Even Grey Model

Segundo Kung e Yu (2), realizar uma previsão implica em fazer inferências futuras sobre eventos incertos, e isto significa admitir que é possível estimar o futuro com base no passado e os resultados são informações úteis que servem de referência na tomada e decisão.

A Teoria Grey permite a correta descrição do comportamento do sistema e sua evolução no tempo, e assim gera previsões quantitativas em relação aos estados futuros do sistema. Para aumentar o grau de acurácia dos modelos de previsões existentes na Teoria Grey, foram construídos operadores sequenciais capazes de tratar a sequência de dados originais (6).

De acordo com Wei et al. (11), o modelo grey de previsão usa operadores sequenciais de geração acumulada (1-AGO) para reduzir a variação na série original de dados e para construir equações diferenciais através de transformação linear da série de dados. Na visão de Liu, Yang e Forrest (7), O modelo *Even Grey Model* é um dos mais influentes e um dos mais aplicados na Teoria Grey para previsão. Muitos pesquisadores quando se referem ao modelo GM (1,1) na verdade estão se referindo ao *Even Grey Model*. Este modelo é conhecido como EGM (1,1), onde os índices indicam que se tem uma variável apenas e o modelo de previsão é de primeira ordem. O procedimento geral para realizar uma previsão usando o modelo EGM (1,1) é apresentada a seguir.

Seja  $X = (x(1), x(2), \dots, x(n))$ ,  $x(k) \geq 0$ ,  $k=1, 2, \dots, n$ , e  $X^{(1)}$  é a sequência gerada pelo operador 1-AGO aplicado em  $X$ . Além disso, seja

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n))$$

onde,

$$z^{(1)}(k) = \frac{1}{2} (x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)),$$

então,

$$x(k) + az^{(1)}(k) = b,$$

é dita como equação diferencial *grey* do modelo EGM (1,1). Note que, esta equação é composta pelos valores , que compõem a série original de dados, e também pelos valores gerados a partir do operador 1-AGO. Além disso, ela tem dois parâmetros característicos, o parâmetro  $a$  é chamado de índice de desenvolvimento ou coeficiente de desenvolvimento e o  $b$  é conhecido como coeficiente da função *grey*. O  $z^{(1)}$  é conhecido como valor de fundo.

Liu e Lin (2006) provaram que o vetor de parâmetros  $\varphi = [a, b]^T$  da equação diferencial acima pode ser estimado usando o método dos mínimos quadrados e, portanto, satisfaz a equação,

$$\varphi = [B^T B]^{-1} B^T Y$$

onde,

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} x(2) \\ x(3) \\ \vdots \\ x(n) \end{bmatrix}$$

Além disso, a equação diferencial *grey* do modelo EGM (1,1) pode ser reescrita da seguinte maneira,

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b,$$

que é conhecida como equação de clareamento da equação diferencial *grey*. A solução da equação diferencial acima é

$$x^{(1)}(t) = C e^{-at} + \frac{b}{a}$$

Para  $t = 1$ , considere que  $x^{(1)}(1) = x(1)$ , e substituindo esses valores na equação acima, é obtido que  $C = [x(1) - b/a] e^a$ . Portanto, esta equação pode ser reescrita como

$$x^{(1)}(t) = \left[ x(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-a(t-1)} + \frac{b}{a}$$

Essa equação é conhecida como função de resposta temporal do modelo EGM (1,1). Uma vez que os valores assumidos pela variável  $t$  não são contínuos no tempo e sim uma sequência de dados que correspondem a períodos específicos, deve-se substituir a variável  $t$  pela variável  $k$ . Sendo assim, é obtida a sequência de resposta temporal do modelo EGM (1,1), dada por

$$x^{(1)}(k) = \left[ x(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a}, k = 1, 2, \dots, n.$$

Agora é necessário aplicar o operador 1-IAGO para obter aos valores não acumulados desejados. Sendo assim,

$$\hat{x}(k) = \hat{x}^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k - 1), k = 2, 3, \dots, n,$$

logo, o valor estimado pelo modelo para o k-ésimo período de tempo pode ser calculado através da fórmula abaixo,

$$\hat{x}(k) = (1 - e^a) \left[ x(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-a(k-1)}, k = 2, 3, \dots, n.$$

A aplicação do modelo é consideravelmente mais simples do que sua concepção a partir de equações matemáticas que são complexas, além disso, a estimação dos parâmetros  $a$  e  $b$  não precisa necessariamente ser feita através do método dos mínimos quadrados, diversos métodos voltados à estimação desses parâmetros foram aplicados de forma satisfatória recentemente. O modelo apresentado no presente trabalho, que utiliza o método dos mínimos quadrados para estimar os parâmetros, pode ser aplicado seguindo-se as etapas listadas na Figura 1 abaixo.

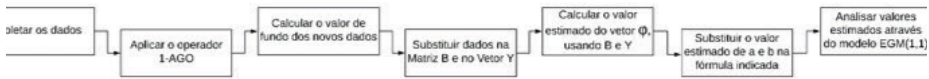


Figura 1. Diagrama de aplicação do modelo EGM (1,1).

Fonte: Autores (2018).

### 2.1.3 Avaliação do Modelo de Previsão

Em relação à etapa de análise dos valores estimados pelo modelo EGM (1,1), visando examinar a acurácia do modelo proposto, o presente trabalho usa o e o Erro Percentual Absoluto Médio (*MAPE*), que é a média dos erros em percentuais absolutos. Para Lewis (3), o *MAPE* é uma das medidas de erro mais usadas para se analisar métodos de previsão. Este tipo erro compara o valor real  $X$  encontrado e o valor previsto  $Y$ , para medir o erro de previsão. O modelo de previsão é considerado plausível quando a magnitude do *MAPE* é pequena, pois isto indica uma melhor aderência aos dados reais, caso contrário o modelo tem baixa acurácia. A fórmula que define o *MAPE* é,

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{k=1}^n [x(k) - \hat{x}(k)]/x(k)$$

Lewis (3) indica que um valor *MAPE* menor que 10% pode ser considerado muito bom e com potencial para fornecer uma previsão confiável.

## 3. Metodologia

O presente trabalho iniciou-se com uma revisão da literatura sobre conceitos que são fundamentais para a compreensão do fenômeno estudado. Os autores fizeram uso de palavras-chaves, autores, referências de artigos e periódicos como

meios de pesquisa para encontrar as publicações usadas neste trabalho. Além disso, foram usadas bases de dados específicas para cada tipo de publicação pesquisada. Visando entender como deveria ser feita previsão da demanda, esta pesquisa seguiu uma série de procedimentos metodológicos, que são apresentados a seguir.

A partir de uma revisão na literatura teórica da Teoria *Grey* com ênfase em previsão *grey*, deu-se início a seleção dos dados. Paralelamente, dedicou-se esforço ao entendimento da teoria sobre metodologia de pesquisa para poder traçar os procedimentos do presente trabalho.

Após a coleta dos dados sobre a demanda, aplicou-se o método de previsão *grey* conhecido como *Even Grey Model*. Posteriormente, foi realizada uma análise dos valores estimados pelo modelo e os valores reais, usando como métrica para isto o indicador *MAPE*.

O estudo é finalizado com a elaboração de conclusões e sugestões na tentativa de perceber as implicações positivas que a aplicação do método de previsão *grey*, quando bem estruturada, tem para os gestores de empresas. Além disso, a discussão através da análise dos erros percentuais absolutos deixa evidente a possibilidade de otimização do método apresentado no presente trabalho.

## 4. Dados Coletados

Pimentel, Cruz e Guerreiro (9), fizeram a previsão da demanda para uma loja de materiais de construção que está localizada na cidade de Ananindeua no Pará, na região metropolitana de Belém. Eles afirmaram que a organização se posicionava entre as três maiores distribuidoras de ferro e aço do Estado do Pará, e que era responsável por atender um público-alvo diversificado como construtoras, indústrias e serralherias.

De acordo com os autores, o estudo foi motivado por conta das dificuldades econômicas enfrentadas pela empresa. A previsão realizada possibilitou um melhor planejamento da quantidade necessária de materiais em estoque, o que evitou falta (que resultaria em vendas perdidas) e excesso (diminuindo assim o custo com estoque).

No trabalho os autores apresentaram os dados mensais que descrevem o histórico de vendas de itens pertencentes ao grupo de produtos de ferro e aço, responsáveis por mais de 80% da quantidade de vendas totais da empresa, no período de janeiro de 2014 até dezembro de 2015. A Tabela 1 apresenta estes valores.

Mês	Quantidade Vendida Real	Mês	Quantidade Vendida Real
jan/14	202.863	jan/15	250.697
fev/14	162.149	fev/15	158.801
mar/14	168.131	mar/15	216.612
abr/14	188.752	abr/15	167.255
mai/14	167.137	mai/15	192.305
jun/14	146.029	jun/15	235.682
jul/14	168.894	jul/15	207.789
ago/14	211.199	ago/15	206.215
set/14	220.638	set/15	210.015
out/14	210.352	out/15	234.047
nov/14	241.717	nov/15	229.165
dez/14	220.118	dez/15	224.314

**Tabela 1. Dados Iniciais.**

Fonte: Adaptado de Pimentel, Cruz e Guerreiro (2016).

Esta tabela deixa evidente a variação mensal que ocorre nas vendas e que esta é caracterizada por grandes quedas e aumentos entre alguns meses do ano. Este fenômeno pode ser facilmente visualizado através do Gráfico 1 que representa a quantidade vendida por mês.

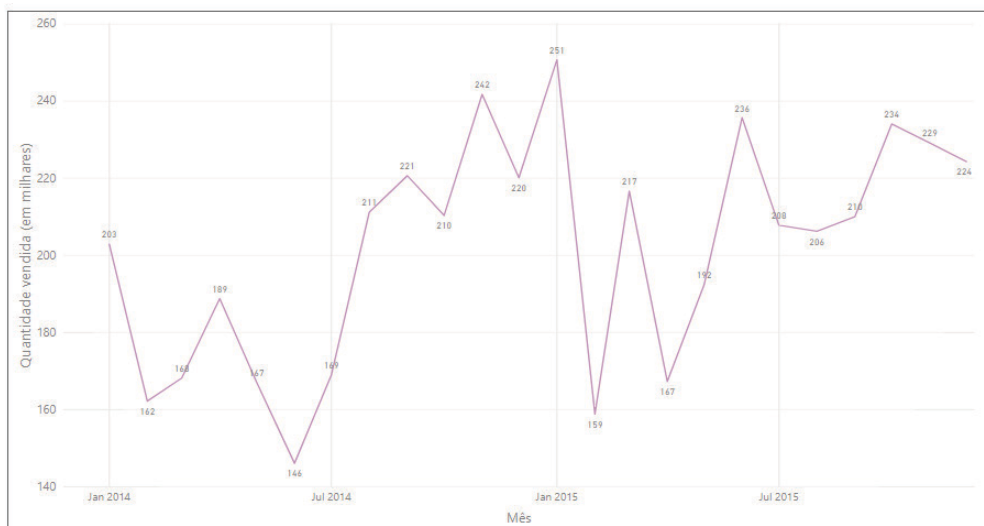


Gráfico 1. Quantidade vendida real por mês.

Fonte: Autores (2018).

Para o presente trabalho estes dados foram acumulados quadrimestralmente, onde os cinco primeiros quadrimestres foram usados para aplicação do modelo e o sexto quadrimestre foi usado para analisar a acurácia do modelo EGM (1,1).

## 5. Aplicação

Seguindo o diagrama apresentado na Figura 1, aplicou-se o modelo EGM (1,1) aos dados apresentados na Tabela 1. Todos os cálculos presentes nesta seção foram realizados através do *software MS-Excel 2016*. Sendo assim, a sequência de dados iniciais é

$$x = (721.895, 693.259, 892.825, 793.365, 841.991).$$

Esta sequência acrescida do valor da quantidade de vendas para o período de setembro até dezembro de 2015 pode ser vista no Gráfico 2.

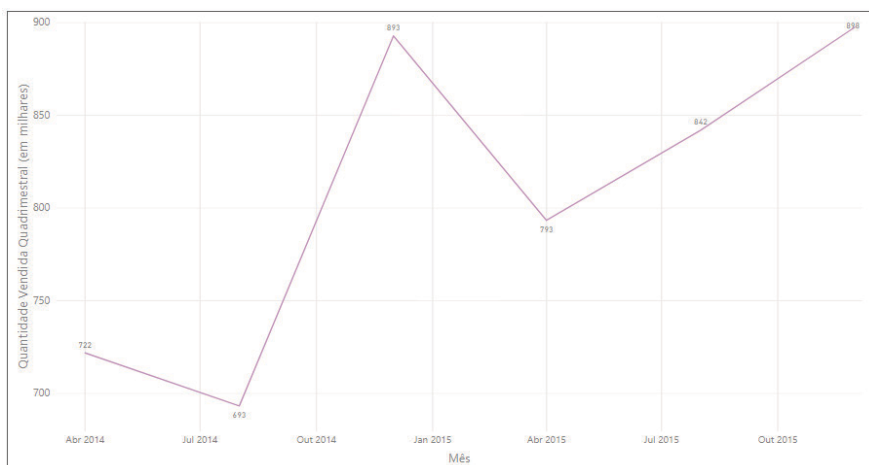


Gráfico 2. Quantidade vendida real quadrimestral.

Fonte: Autores (2018).

A próxima etapa é aplicação do operador de geração acumulada (1-AGO) nesta sequência de dados iniciais com o objetivo de diminuir as variações randômicas existentes. Portanto, tem-se que

$$x^{(1)} = (721.895, 1415.154, 2307.979, 3101.344, 3943.335),$$

para  $k = 1,2,3,4,5$ . É visualmente perceptível através do Gráfico 3 que as variações randômicas foram diminuídas após a aplicação do operador.



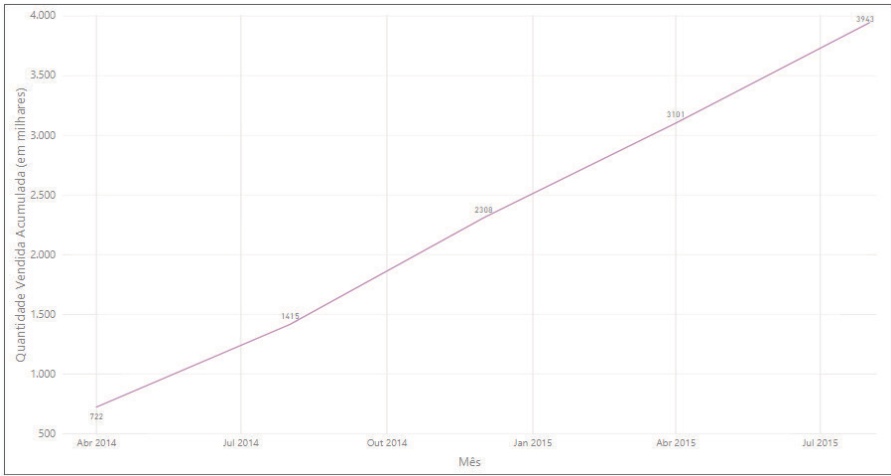


Gráfico 3. Quantidade vendida quadrimestral acumulada.

Fonte: Autores (2018).

A partir dos valores desta nova sequência pode-se calcular os seus valores de fundo,  $z^{(1)}(k)$ , que são dados por,

$$z^{(1)} = (1068.525, 1861.567, 2704.662, 3522.340),$$

para  $k = 2,3,4,5$ . Dessa forma, a matriz B e o vetor Y, que foram apresentados anteriormente na seção de revisão da literatura, são, respectivamente,

$$B = \begin{bmatrix} -1068.525 & 1 \\ -1861.567 & 1 \\ -2704.662 & 1 \\ -3522.340 & 1 \end{bmatrix}; Y = \begin{bmatrix} 693.259 \\ 892.825 \\ 793.365 \\ 841.991 \end{bmatrix},$$

portanto, o valor do vetor de parâmetros  $\varphi = [a, b]^T$  pode ser calculado através da equação apresentada na seção anterior e é dado por,

$$\varphi = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,0415 \\ 710.404 \end{bmatrix}.$$

Substituindo os valores estimados dos parâmetros  $a$  e  $b$  na equação final apresentada anteriormente, obtém-se a seguinte expressão,

$$\hat{x}(k) = (1 - e^{-0,0415}) \left[ 721.895 - \frac{710.404}{-0,0415} \right] e^{0,0415(k-1)},$$

que pode ser reduzida para,

$$\hat{x}(k) = 725.203 e^{0,0415(k-1)}.$$

Substituindo os valores  $k = 2,3,4,5$ , na equação acima, a série de valores estimados pode ser encontrada e é igual a,

$$\hat{x} = (721.895, 755.916, 787.930, 821.300, 856.082).$$

A Tabela 2 apresenta os erros percentuais absolutos resultantes de cada previsão. Observa-se que o valor MAPE encontrado foi menor que 10%, e, portanto, pode-se considerar os erros como aceitáveis e o modelo com potencial para ser uma previsão de qualidade (3). Note que o valor do MAPE foi calculado desconsiderando o valor do primeiro quadrimestre, que apresenta erro percentual absoluto igual zero, visando que ele reflita apenas a precisão das previsões realizadas pelo modelo.

**Tabela 2. Resultados**

Período		Quantidade Vendida Real Quadrimestral	Quantidade Prevista Quadrimestral	Erro Percentual Absoluto
jan/14	abr/14	721.895	721.895	0,00%
mai/14	ago/14	693.259	755.916	9,04%
set/14	dez/14	892.825	787.930	11,75%
jan/15	abr/15	793.365	821.299	3,52%
mai/15	ago/15	841.991	856.082	1,67%
set/15	dez/15	897.541	892.338	0,58%
<i>MAPE</i>				6,50%

Fonte: Autores (2018)

Substituindo  $k = 6$ , pode-se prever que o número de vendas para o quadrimestre de setembro até dezembro de 2015 será de 892.338 produtos pertencentes a categoria de ferro e aço. Como pode ser observado na Tabela 2, esta quantidade prevista é muito próxima a quantidade real que foi vendida durante este quadrimestre, e o erro percentual absoluto foi de apenas 0,58%. As quantidades previstas para os seis quadrimestres são apresentadas graficamente em conjunto com as quantidades reais do mesmo período no Gráfico 4.

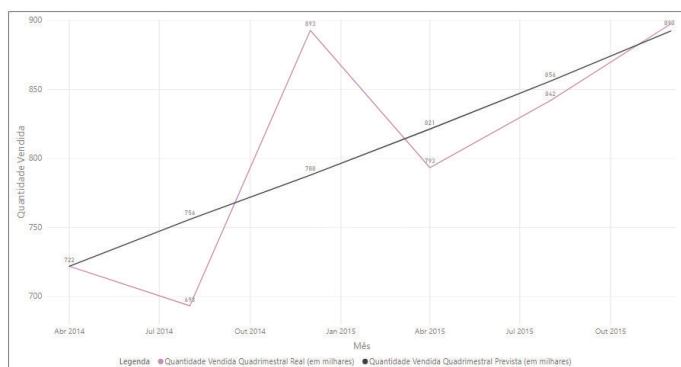


Gráfico 4. Quantidades vendidas reais e previstas.

Fonte: Autores (2018).

## 6. Discussão

Como foi dito anteriormente, os métodos tradicionais necessitam de grandes conjuntos de dados para descrever as tendências de forma eficaz. O presente estudo propôs o modelo EGM (1,1) para previsão da quantidade de vendas quadrimestrais dos produtos do grupo de ferro e aço, usando como base os dados do período de janeiro de 2014 até agosto de 2015. Os resultados apresentados na Tabela 2 mostram que a precisão do modelo excedeu 90% e que apenas um erro percentual absoluto excedeu 10%, o que indica, tendo em vista o que foi apresentado sobre o *MAPE* no referencial teórico, que o modelo de previsão proposto foi preciso e eficaz. Estes resultados indicam que as organizações poderiam usar a teoria de previsão *grey* como um método poderoso e dinâmico para analisar e prever a demanda em um período curto ou quando a quantidade de dados existentes for pequena, como foi dito é possível aplicar o modelo com apenas quatro dados, o que pode ser muito útil para a tomada de decisão dos gestores.

Sobre os dados, é perceptível a partir do Gráfico 4 que as quantidades vendidas reais e as previstas indicam uma tendência de crescimento nos próximos quadrimestres, onde o crescimento quadrimestral médio para os cinco quadrimestres avaliados foi de 4,95%. O resultado previsto para o sexto quadrimestre indicou a mesma tendência de crescimento, com um crescimento de 4,35%. Assim, é possível concluir que a quantidade de produtos pertencentes ao grupo de ferro e aço vendidos vai crescer continuamente e que a receita da empresa deve aumentar no futuro próximo.

## 7. Conclusão

Em suma, o presente trabalho foi realizado visando à aplicação de um método de previsão diferente dos tradicionais apresentados com frequência na literatura, que é baseado na Teoria *Grey*, para a previsão da demanda de uma empresa e a análise do desempenho do mesmo através do indicador conhecido como erro percentual absoluto médio (*MAPE*). Os resultados apresentados neste estudo servem como indicadores da eficácia do modelo EGM (1,1) para a previsão de demanda onde o conjunto de dados disponíveis seja de pelo menos quatro observações.

Como foi dito anteriormente, uma boa previsão da demanda pode ser considerada como fundamental para o planejamento estratégico das organizações e é uma ferramenta muito útil para gestores no processo de tomada de decisão. A loja de materiais de construção, ao aplicar o método de previsão, seria capaz de reduzir os níveis de estoque e isso está diretamente atrelado a Filosofia Lean. Estoque é um ativo de baixa liquidez e que tem custos associados, diminuir o estoque para uma quantidade que seja ideal permitiria a empresa a reduzir gastos desnecessários. Portanto, como uma ferramenta prática e eficaz para realizar previsões a curto prazo, o modelo de previsão EGM(1,1) apresentado pode ser uma ferramenta poderosa para as organizações no cenário dinâmico atual.

# Referências

- GUERRINI, Fábio M., Renato V. Belhot, and Walther A. Júnior. Planejamento e controle da produção: projeto e operação de sistemas. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- KUNG, Ling- Ming, and Shang-Wu Yu. "Prediction of index futures returns and the analysis of financial spillovers - A comparison between GARCH and the grey theorem." *European Journal of Operational Research* 186, 3 (2008): 1184-1200.
- LEWIS, Colin D. Demand Forecasting and Inventory Control. New York: Wiley, 1997.
- LIEBERMAN, Marvin Beberman, and Lieven Demeester. Inventory reduction and productivity growth: linkages in the Japanese automotive industry. *Management science*, 45, 4 (1999): 466-485.
- LIU, Sifeng, and Jeffrey Yi Lin Forrest. Grey systems: theory and applications. Berlin: Springer, 2010.
- LIU, Sifeng, and Jeffrey Yi Lin Forrest. Grey information: theory and practical applications. Londres: Springer, 2006.
- LIU, Sifeng, Yingjie Yang, and Jeffrey Yi Lin Forrest. Grey Data Analysis: Methods, Models and Applications. Singapura: Springer, 2016.
- LUCATO, Wagner Cezar, Felipe Araujo Calarge, Mauro Loreiro Junior, and Robisom Damasceno Calado. Performance evaluation of lean manufacturing implementation in Brazil. *International Journal of Productivity and Performance Management* 63, 5 (2014): 529-549.
- PIMENTEL, Fernanda Quiteria A., Roberta Guedes G. Cruz; and Rafael P. Guerreiro. "Aplicação de técnicas de previsão de demanda em uma loja de materiais de construção." XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 36 (2016), URL: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STP\\_226\\_318\\_29453.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_226_318_29453.pdf).
- TUBINO, Dalvio F. Planejamento e controle da produção: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2007.
- WEI, Jiuchang, Lei Zhou, Fei Wang, Desheng Wu. "Work safety evaluation in Mainland China using grey theory." *Applied mathematical modelling* 39, 2 (2015): 924-933.

# Aplicação do Lean Seis Sigma no Setor do Turismo: Um estudo de caso na Indústria Hoteleira Portuguesa

---

*Paulo J. A. Vaz<sup>44</sup>, Sílvia Rocha<sup>45</sup>, Marco S. Reis<sup>46</sup>, Cristóvão Silva<sup>47</sup>, Maria Vaz<sup>48</sup>*

Filiação

1-Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão industrial do Instituto Politécnico de Viseu, Portugal

2 e 3-Departamento de Engenharia Química da Universidade de Coimbra, Portugal

4-Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra, Portugal

5-Coimbra Polytechnic - ISEC, Coimbra, Portugal

## 1. Referencial Teórico

### Seis Sigma

O Seis Sigma é uma iniciativa para a melhoria de processos que tem como objetivo melhorar os resultados das empresas, através da melhor gestão dos seus processos internos e do aumento da qualidade dos produtos e serviços fornecidos aos clientes. É uma metodologia estruturada e sistemática que faz uso de um conjunto de métodos e ferramentas estatísticas para descobrir as causas dos problemas, eliminar defeitos e reduzir a variação dos processos. Esta estratégia de qualidade permite obter ganhos significativos em termos de eficácia dos processos, redução de custos e aumento da satisfação dos clientes, motivo pelo

---

44 paulovaz@ipv.pt

45 silvia.cs.rocha@gmail.com

46 marco@eq.uc.pt

47 cristovao.silva@dem.uc.pt

48 luipais@isec.pt

qual tem sido cada vez mais implementada em organizações das mais variadas indústrias em todo o Mundo.

O Seis Sigma é um conceito originalmente desenvolvido pela Motorola, nos Estados Unidos da América, em 1986. Na altura a empresa estava sob forte pressão da concorrência japonesa na indústria eletrônica e, como tal, necessitava de melhorias drásticas nos seus níveis de qualidade. O resultado do Seis Sigma traduziu-se numa cultura de qualidade que premiou a Motorola e a conduziu a um período inédito de crescimento e vendas [5, 16].

Já mais tarde, na década de 90 do século XX, Jack Welch, o CEO da General Electric (GE) iniciou a implementação do Seis Sigma na empresa, de modo que os esforços de melhoria de qualidade fossem ao encontro das necessidades do negócio. Esta implementação permitiu desenvolver e comercializar produtos de melhor qualidade em menos tempo do que a concorrência, conduzindo a benefícios significativos para a empresa. Jack Welch descreveu o Seis Sigma como “a iniciativa mais desafiadora e potencialmente gratificante/recompensadora que já enfrentámos/empreendemos na General Electric”. O sucesso obtido por estas duas grandes organizações estimulou muitas outras empresas a adotarem também o Seis Sigma .

Sigma ( $\sigma$ ) é uma letra do alfabeto Grego e é um termo usado em estatística para descrever a variabilidade de um processo. Uma das unidades de medidas clássicas consideradas nas iniciativas Seis Sigma é defeitos por unidade, sendo que um defeito é definido como toda a não conformidade de um produto ou serviço com as suas especificações [3, 5].

Enquanto medida de desempenho de processos, o nível de qualidade Sigma oferece um indicador de quantas vezes os defeitos são passíveis de ocorrer: um nível de qualidade Sigma mais elevado indica um processo que é menos propenso a criar defeitos. Um nível de qualidade Seis Sigma é equivalente à produção de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (*Defects per million opportunities* - DPMO).

Tradicionalmente as empresas aceitavam um nível de desempenho de 3 ou 4 Sigma, apesar do elevado número de defeitos por milhão de oportunidades que esses processos criavam. A abordagem Seis Sigma é uma resposta à crescente expectativa dos clientes, bem como do aumento da complexidade dos produtos e processos modernos . No entanto, nem todos os processos devem operar a um nível Seis Sigma. O nível apropriado depende da importância estratégica do processo e do custo da melhoria relativamente ao benefício, uma vez que quanto maior o nível Sigma a operar, maior o investimento e esforço e a necessidade de utilização de ferramentas sofisticadas .

Enquanto metodologia organizada e sistemática, e de modo a atingir os seus objetivos e garantir uma implementação bem-sucedida, o Seis Sigma prevê uma estrutura organizacional de responsáveis dos projetos a executar dentro das organizações.

Segundo uma hierarquia descendente, os membros da administração superior, também denominados de *Champions*, têm a função de organizar e liderar

a implementação do Seis Sigma. São eles que escolhem os projetos, bem como as estratégias e táticas necessárias à sua implementação. Os *Master Black Belts* (MBBs) são indivíduos selecionados pelos *Champions* para atuar como especialistas internos das empresas, no sentido de disseminar o conhecimento e a estratégia pela organização. Têm a função de treinar os *Black Belts* (BBs) e os *Green Belts* (GBs) e de comunicar o progresso geral dos projetos. Os *Black Belts* são os indivíduos chave na implementação de projetos Seis Sigma, os quais podem ser orientados por *Master Black Belts* sempre que tal é necessário ou oportuno. Por último, os chamados *Green Belts* têm uma preparação nos métodos estatísticos inferior à dos *Black Belts* e participam na execução de projetos sob a orientação daqueles .

Geralmente um projeto Seis Sigma para melhoria de qualidade segue o algoritmo estruturado de resolução de problemas— a sequência DMAIC. Este acrónimo provém das iniciais de *Define, Measure, Analyse, Improve e Control*, correspondentes às cinco fases de implementação da metodologia Seis Sigma. Em cada fase, um conjunto de ferramentas e técnicas da Qualidade são usadas com o objetivo de tornar todo o processo eficaz e objetivo. Os objetivos de cada uma das fases desta metodologia são descritos na Tabela 1.1.

**Tabela 1.1. Fases da metodologia DMAIC.**

<b>Fases</b>	<b>Objetivos</b>
<i>Define</i>	Seleção do projeto e definição do problema alvo de melhoria.
<i>Measure</i>	Medição do processo existente. Estabelecimento de métricas de desempenho válidas e fidedignas de modo a tornar o problema quantificável e mensurável.
<i>Analyse</i>	Análise da situação atual e identificação de eventuais causas do problema e fontes de variação.
<i>Improve</i>	Proposta e seleção de possíveis soluções para as causas do problema. Desenvolvimento e implementação de ações de melhoria.
<i>Control</i>	Desenvolvimento e implementação de sistemas de prevenção e controlo de qualidade para garantir que as ações de melhoria são mantidas.

## **Lean**

Enquanto o Seis Sigma está relacionado com a redução de defeitos de qualidade e da variação do processo, o Lean está ligado à velocidade, eficiência e eliminação do desperdício. O objetivo do Lean é promover o fluxo contínuo do produto ao longo dos processos através da redução do desperdício nas suas mais diversas formas, ajustando-o à procura existente no mercado .

*Lean Thinking* (Pensamento Lean, ou traduzindo à letra, “pensamento magro”) possui as suas raízes no sistema de produção preconizado por Henry Ford e emergiu da indústria automóvel japonesa depois da segunda Guerra Mundial,

sendo a Toyota a sua grande promotora através do *Toyota Production System* (TPS - Sistema Toyota de Produção) e Taichii Ohno e Shigeo Shingo os seus principais arquitetos. A designação e a proliferação do *Lean Thinking* surgiu com James Womack e Daniel Jones e a publicação do seu livro “The Machine That Changed the World” (1990). Trata-se de uma filosofia de liderança e gestão que tem como principais objetivos a sistemática identificação e eliminação do desperdício e a criação de valor para todas as partes interessadas do negócio. É reconhecido como um dos paradigmas de gestão mais bem-sucedidos que o mundo empresarial alguma vez conheceu .

A filosofia *Lean Thinking* alcançou enorme reputação mundial, tendo sido adaptada para todas as áreas da atividade económica. A validade dos princípios e das soluções Lean é reconhecida pelo sucesso em empresas como a Toyota Motors Corporation e a General Motors (GM), ambas empresas de topo no ramo automóvel. Outras empresas, como a Dell ou a Zara, reportam também ganhos significativos com a implementação dos princípios Lean.

O Lean coloca grande ênfase na distinção entre atividades que acrescentam valor e atividades que não acrescentam valor, são as que contribuem para o que o cliente deseja de um produto ou serviço e pelas quais ele estará disposto a pagar. Tudo o resto são atividades que não acrescentam valor. O objetivo do Lean é identificar todos os passos levados a cabo num processo de modo a remover aqueles que não acrescentam valor, que são considerados como desperdício [9, 18].

### **Integração do Lean e Seis Sigma**

O Lean Seis Sigma é uma combinação dos princípios de qualidade do Lean e Seis Sigma e fornece uma abordagem de melhoria contínua mais abrangente. Apesar de inicialmente terem diferentes objetivos, estas abordagens são complementares, ao incorporar os melhores elementos de cada uma das metodologias. Estas abordagens são analisadas resumidamente na Tabela 1.2 .

**Tabela 1.2. Integração Lean e Seis Sigma.**

	<b>Lean</b>	<b>Seis Sigma</b>
<b>Objetivos:</b>	Melhorar a cadeia de valor e eliminar o desperdício	Eliminar defeitos e reduzir a variação dos processos
<b>Foco:</b>	Aumentar a velocidade e a Eficiência	Aumentar a Eficácia
<b>Procura responder à pergunta:</b>	Porque é que cada processo existe?	Como é que cada processo pode ser melhorado?

Os projetos Lean focam-se em implementar soluções padrão, que normalmente envolvem velocidade, eliminação do desperdício e redução do tempo de ciclo e de processamento. Os projetos Seis Sigma aplicam-se a problemas mais



gerais e complexos e envolvem o uso de métodos analíticos e estatísticos.

Assim, a integração Lean Seis Sigma é uma situação duplamente benéfica. Fornece a estratégia e cria um ambiente de melhoria dos fluxos e de identificação do desperdício (através do Lean), e proporciona um conjunto de ferramentas para analisar os problemas, tomar decisões baseadas em factos, identificar as fontes de variação e encontrar soluções sustentáveis (através do Seis Sigma). Com a crescente competição que as empresas enfrentam atualmente, a combinação sinérgica destas duas abordagens do Lean Seis Sigma permite aumentar o potencial de negócio ao proporcionar produtos e serviços com mais qualidade, em menos tempo, com menos custos e usando menos recursos. O conjunto de benefícios que comprovam as vantagens de utilização destas metodologias são descritas na Figura 1.1.

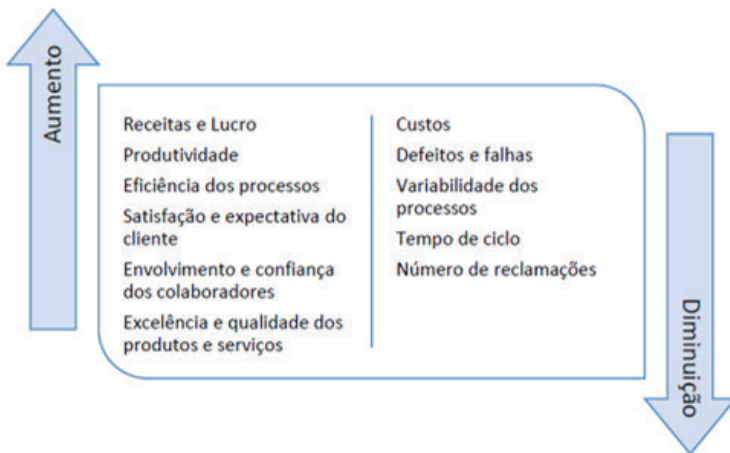


Figura 1.1. Benefícios da aplicação do Lean Seis Sigma.

### Lean Seis Sigma aplicado aos Serviços

A atividade dos serviços tem as suas próprias características, que são diferentes da manufatura, e que implicam uma natural adaptação na implementação das ferramentas Lean Seis Sigma à prestação de serviços. Assim, as principais características que diferenciam os serviços dos bens industriais/produtos são:

**Intangibilidade:** apesar dos serviços poderem ser percebidos e consumidos, eles não podem ser fácil e objetivamente medidos, como no fabrico de produtos. Uma medição objetiva é um aspeto crítico do Seis Sigma, que requer decisões baseadas em dados para eliminar defeitos e reduzir a variação.

**Perecibilidade:** ao contrário dos produtos, os serviços são fornecidos (simultaneamente) em resposta à sua procura e, como tal, não podem ser armazenados. Como consequência, a busca do equilíbrio entre a oferta e a procura na indústria dos serviços é bastante exigente.

**Inseparabilidade:** o fornecimento e o consumo do serviço é simultâneo. Isto aumenta a complexidade dos processos de serviços, e por vezes implica interação

presencial do prestador de serviços e do consumidor. Ter os clientes em espera, presencialmente ou por telefone, exige uma certa gestão emocional.

Variabilidade: cada serviço representa um evento único que depende de muitas condições mutáveis e que, como tal, não podem ser exatamente reproduzidos. Como resultado, a variabilidade dos processos de serviços é muito superior aos processos de manufatura, levando a experiências muito diferentes vividas pelos clientes.

Sendo um dos objetivos da metodologia Seis Sigma a diminuição da variabilidade dos processos, está inerente o estigma da dificuldade inicial de aplicação destes programas de qualidade aos Serviços (Etienne, ano indisponível). A Tabela 1.3 compara as diferenças das características de projetos Seis Sigma na Indústria e nos Serviços .

**Tabela 1.3. Características de projetos Seis Sigma na Indústria e nos Serviços.**

<b>Indústria</b>	<b>Serviços</b>
As exigências dos clientes referem-se às características dos produtos	As exigências dos clientes referem-se ao próprio processo ou aos outputs do serviço
A recolha de dados é realizada automaticamente	A recolha de dados é feita predominantemente de forma manual
Os sistemas de medição são estáveis	Os sistemas de medição não são muito estáveis porque os processos são caracterizados pela intervenção humana
Os dados relativos a indicadores de desempenho do sistema de produção são facilmente recuperados	O desempenho do processo pode variar com a intervenção humana
Os defeitos referem-se às características dos produtos e podem ser facilmente quantificados	As falhas ou defeitos são geralmente causados pelas pessoas

Assim, a implementação de projetos Seis Sigma nos Serviços, quando comparado com a Indústria, tem algumas limitações :

- A medida de satisfação do cliente é mais subjetiva;
- A dificuldade de recolha de dados, uma vez que a maioria dos dados são recolhidos manualmente, enquanto a indústria geralmente utiliza métodos automáticos de recolha de dados;
- Maior resistência à mudança, uma vez que os serviços têm maior componente de intervenção humana;
- Muitas decisões são baseadas no julgamento humano e não em factos, tornando a normalização de processos menos precisa;
- Maior suscetibilidade dos serviços a um conjunto de fatores incontrolláveis (psicológicos, sociais, pessoais);

- Maior dificuldade em mudar processos nos serviços do que na indústria. Mudar os parâmetros de uma máquina é diferente de treinar pessoal ou ajustar tarefas ou procedimentos de trabalho.

Devido a estas diferenças inerentes, tem sido difícil para as organizações de serviços, tais como empresas financeiras, prestadores de cuidados de saúde e organizações hoteleiras, aplicar o Seis Sigma à sua própria realidade. No entanto, segundo George, existem também grandes oportunidades nas organizações de Serviços [9, 15]:

- Aproximadamente 30 a 50% dos custos numa organização de serviços é causado por custos relacionados com a baixa velocidade/lentidão dos processos ou com o trabalho refeito para satisfazer as necessidades dos clientes;
- Dados empíricos demonstram que o custo dos serviços são inflacionados por cerca de 30 a 80% de desperdício;
- As organizações de serviços têm pouco ou nenhum histórico de uso de dados para tomar decisões. Assim, a tomada de decisões é muitas vezes baseada em pressupostos e não em factos.

Assim, as organizações de serviços devem ser capazes de reduzir os tempos de ciclo, melhorar o desempenho e a qualidade dos processos e aumentar a satisfação dos clientes. Uma abordagem Lean Seis Sigma, se conduzida com sabedoria, pode responder diretamente a estas necessidades .

De fato, apesar do Lean e Seis Sigma terem surgido para resolver problemas em ambientes industriais, e apesar das limitações intrínsecas aos serviços, estes conceitos já ganharam popularidade e notoriedade em diversas organizações de serviços em todo o Mundo, emergindo assim como notáveis casos de sucesso.

### **Casos de Sucesso do Lean Seis Sigma**

Inicialmente, a abordagem Lean Seis Sigma era usada para melhorar processos na indústria da manufatura, no entanto, com a evolução da sociedade o setor dos serviços passou a destacar-se e a ganhar peso económico, motivo pelo qual estas abordagens passaram a ter uma aplicação mais vasta para além da manufatura. De facto, quando adequadamente implementado ao setor dos serviços, o Lean Seis Sigma pode produzir benefícios em termos de uma melhor eficiência operacional, numa melhor relação custo-eficácia, numa maior qualidade dos processos e num aumento da satisfação do cliente .

Nesta secção são ilustrados alguns exemplos de casos de sucesso com a implementação do Lean Seis Sigma em organizações de serviços.

### **Saúde**

Ao longo da última década o Seis Sigma tem vindo a ser progressivamente aplicado à área da Saúde. Neste capítulo destacam-se duas implementações do Lean Seis Sigma conduzidas em hospitais holandeses; o Red Cross Hospital (RCH) e o Canisius Wilhemina Hospital (CWH). A implementação do Lean

Seis Sigma em ambos os hospitais foi conduzida pela mesma equipa e encontra-se descrita em .

Nestes hospitais, por um conjunto variado de motivos, constatou-se que a média de atraso entre a hora prevista de início da cirurgia e a hora oficial era de cerca de 40 minutos. No caso do CWH, pela sua maior dimensão, este atraso representava cerca de 2 150 horas perdidas por ano, equivalendo a custos de cerca de três milhões de dólares. Deste modo, foram tomadas medidas no sentido de uma reestruturação dos processos a nível operacional e administrativo. Os doentes passaram a ter de comparecer nos hospitais mais cedo e com a medicação pré-cirúrgica tomada. O processo de planeamento das anestésias foi melhorado e foi feita uma reestruturação em nível de pessoal dentro das salas de operações [7, 12].

A implementação destes procedimentos operacionais traduziu-se numa redução de mais de 25% do atraso no início das operações no RCH e em mais de 30% no CWH. Após um ano, ambos os hospitais alcançaram poupanças anuais consideráveis através da redução do atraso no início das cirurgias: mais de 350 mil dólares no RCH e mais de 100 mil dólares no CWH. No CWH, poupanças adicionais de mais de 400 mil dólares foram obtidas pela redução de alterações das horas das operações e pelos intervalos entre operações. O número de operações foi ainda aumentado em 10% sem ter exigido recursos adicionais

Concluindo, este projeto levou a uma redução significativa do atraso no início das cirurgias, a um aumento da eficiência nas salas cirúrgicas e a um ganho substancial em termos de redução de custos, provando claramente que é possível simultaneamente reduzir os custos e aumentar a Qualidade.

## **Banca**

Diversos são os estudos que relatam a implementação de projetos Seis Sigma a instituições bancárias. Por exemplo, Rucker apresenta a implementação da metodologia no Citibank, um dos bancos mais emblemáticos dos Estados Unidos da América, com sede em Nova Iorque, tendo obtido como resultados principais a redução das chamadas de volta externas em 80% e das chamadas internas em 85%, a redução do tempo de ciclo de decisão de crédito em 67% (redução de 3 dias para apenas 1) e o encurtamento do ciclo de processamento dos pedidos de 28 para 15 dias .

Um outro exemplo de implementação do Seis Sigma a instituições bancárias é o caso do Bank of América, também um dos maiores bancos americanos, com sede em Charlotte, Carolina do Norte. O desígnio da melhoria contínua no *Bank of América* foi inicialmente levado a cabo quando a gestão do banco constatou que os processos ineficientes e passíveis de erros estavam a incorrer em custos para a empresa devido à realização de atividades que não acrescentavam valor. No início, os esforços realizados com as atividades de melhoria tiveram um efeito pouco significativo, devido à considerável falta de suporte executivo, bem como de uma implementação sistemática. No entanto, essa situação mu-

dou radicalmente quando Ken Lewis se tornou CEO em 2001, tomando uma postura mais séria em questões de melhoria da Qualidade. Em particular, ele sentiu a necessidade de uma abordagem de melhoria de processos mais disciplinada e rigorosa. Baseado nas melhorias obtidas em outras empresas, escolheu a abordagem Seis Sigma .

A implementação do Seis Sigma no *Bank of América* procurou resolver problemas, tais como:

- Controlo mais preciso sobre o pagamento a fornecedores;
- Aumento da produtividade dos novos contratados através da formação;
- Aumentar a satisfação do cliente com a resolução de problemas;
- Redução da avaliação de risco de crédito considerado tendencioso;
- Aumentar a capacidade de detectar e prevenir a fraude bancária.

Assim, foram estabelecidas métricas de satisfação do cliente em toda a empresa, substituindo métricas específicas dos produtos e canais. O *Bank of América* realizou um estudo externo de modo a identificar o desempenho a nível mundial em diversas áreas. Foram ainda recolhidos dados provenientes da voz do cliente de modo a identificar os principais processos que precisavam ser melhorados para aumentar a sua satisfação, incluindo os processos de depósitos e pagamentos. Equipas multifuncionais começaram então a trabalhar em projetos para melhorar estes processos críticos .

De facto, os resultados que o *Bank of América* conseguiu atingir através do Seis Sigma foram impressionantes:

- Informações incompletas dos clientes foram reduzidas em 70%;
- Defeitos nos canais eletrônicos diminuíram 88%;
- Os pedidos de hipoteca foram satisfeitos em média 15 dias mais cedo;
- Diminuição do número de fraudes em 28%;
- O número de contas aumentou mais de 1 milhão em apenas um ano;
- A rapidez do processamento de depósitos melhorou cerca de 35%;
- A métrica de satisfação do cliente aumentou 25%.

A evidência dos benefícios que o Seis Sigma tem gerado nos serviços financeiros é a prova de que estas metodologias são provavelmente passíveis de aplicar com sucesso a todo o tipo de indústrias, desde a indústria transformadora aos serviços.

## **Hotelaria**

Nesta secção é feita referência ao sucesso que o Lean Seis Sigma teve na indústria hoteleira. A título de exemplo é referenciado a Starwood Hotels and Resorts, a primeira empresa hoteleira do Mundo a adotar o Seis Sigma.

A Starwood Hotels and Resorts Worldwide é uma das maiores cadeias hoteleiras do Mundo. Com sede em Stamford, no Estado de Connecticut, Estados

Unidos da América, é proprietária de hotéis, resorts, spas e residências, segundo as suas marcas mais emblemáticas: St. Regis, The Luxury Collection, Sheraton, Westin, Four Points by Sheraton, Le Méridien e W Hotels.

A Starwood adotou o Seis Sigma em 2001 com o objetivo de desenvolver soluções inovadoras e com foco no cliente. Desde então, a organização tem executado com sucesso centenas de projetos Seis Sigma ao longo das suas inúmeras propriedades em todo o mundo, em praticamente todas as áreas e setores dos hotéis, desde o alojamento, às reservas, restauração e marketing .

São vários os exemplos reportados do sucesso da metodologia Seis Sigma na Starwood.

Um projeto levado a cabo para melhorar os processos no serviço de limpeza dos quartos teve os seguintes resultados [2, 6]:

- Redução do tempo de limpeza dos quartos em 65%, equivalente a cerca de 8 minutos;
- Redução do número de defeitos por quarto de 42% para 3,7%, resultando em quartos mais limpos;
- Redução do movimento de uma empregada dentro do quarto de hóspedes em 64%, equivalente a cerca de 62 metros;
- Aumento do número de quartos que cada membro da equipa de limpeza conseguiu limpar por dia (de 13 para 17 quartos), resultando numa redução dos custos de trabalho;
- Uma redução anual estimada de US\$ 500 000 em custos de má qualidade.

Outro projeto Seis Sigma levou a uma melhoria dos sistemas de reserva e a uma maximização do uso das salas de tratamento e massagens, aumentando as receitas relacionadas com o SPA de US\$ 145 para US\$ 225 por reserva. Outro projeto resultou num aumento da receita por quarto em mais de 19%, a partir do aumento dos consumos incrementais por parte dos clientes em cerca de 12%.

É ainda reportado o aumento da produtividade na lavandaria em 14% através da racionalização do processo de separação da roupa, representando uma redução de 291 horas por ano em tempo de valor não acrescentado. Este mesmo projeto implementado noutra hotel da cadeia resultou numa redução de 815 horas por ano em tempos de valor não acrescentado, equivalendo a uma redução de US\$ 11 415 .

Deste modo, a Starwood não só atingiu e excedeu as expectativas dos clientes, como registou grandes melhorias nos resultados finais.

Ao longo desta secção foram apresentados alguns exemplos do sucesso alcançado com iniciativas Lean Seis Sigma em diversos tipos de organizações de serviços. Muitos outros poderão ser encontrados na literatura, demonstrando claramente que estas iniciativas originalmente desenvolvidas para o setor industrial podem ser adaptadas para resolver problemas associados o setor dos serviços.

## 2. Estudo de caso

Apresenta-se neste capítulo a aplicação da metodologia Lean Seis Sigma a um caso estudo de caso num estabelecimento Hoteleiro nacional.

### 2.1. Apresentação do Hotel

O Hotel alvo de estudo é um hotel de 4 estrelas situado na zona Centro do País e pertence a um grupo hoteleiro. Tem cerca de 22 anos de serviço, emprega cerca de 30 funcionários e apresenta uma oferta hoteleira de cerca de 100 quartos.

### 2.2 Definição do problema

A primeira fase do Seis Sigma prende-se com a definição do problema. O objetivo é conhecer o serviço, perceber o estado atual das operações e identificar as áreas de melhoria. Como tal, foram realizadas diversas reuniões e entrevistas com os colaboradores do hotel, essencialmente com os chefes de cada uma das secções, para auscultar a voz do negócio (*voice of the business*), no sentido de perceber quais são as principais tarefas, o seu modo de funcionamento e as problemáticas que lhe estão inerentes. Foi então elaborado um registo das principais problemáticas sentidas atualmente pelo hotel e encaradas como alvo de melhoria.

Foi apreendido que, em termos de impacto financeiro para o hotel, contribuem essencialmente dois grandes departamentos: o Alojamento e o Serviço de F&B (*Food and Beverage*). Apesar do serviço de Alojamento ser o departamento com maior peso financeiro do hotel - visto ser também a razão de existência de qualquer hotel - este departamento apresenta um serviço relativamente bem controlado e sem grandes problemas identificados *a priori*. Já o serviço de F&B, apesar de apresentar um peso financeiro inferior ao do Alojamento, revelou ser um serviço ainda pouco estruturado e controlado. Assim, o balanço entre o seu impacto financeiro e as problemáticas a ele associadas tornaram o departamento de F&B como o serviço prioritário para implementação de melhorias.

O departamento de F&B engloba os setores da Cozinha e do Restaurante do hotel e coordena todos os processos referentes a serviços da área alimentar que ocorrem no hotel, como o restaurante, bar, pequenos almoços, *room service*, banquetes, *coffee breaks*, entre outros. Tratando-se da primeira iniciativa deste tipo na unidade hoteleira, é recomendável que se inicie por um projeto de menor dimensão e bem definido. Consequentemente, em reunião com a gestão do hotel, foi declarada como problemática prioritária de oportunidade de melhoria a questão do tempo de serviço das refeições no Restaurante do hotel.

O problema atualmente existente e encarado como alvo de melhoria está relacionado com o tempo de serviço das refeições no restaurante, e consequente com o tempo de espera por parte dos clientes. Existe atualmente a percepção de que os tempos de serviço estão a ser pouco eficientes e que podem comprometer a imagem do hotel, bem como a perda de clientes que, não estando dispostos a

esperar para além do tempo por eles considerado como aceitável, podem deixar de recorrer ao serviço do Restaurante. Este projeto visa então abordar a rapidez do serviço, um dos fatores que mais afeta a percepção de qualidade dos serviços de hotelaria por parte dos clientes .

### Medição

A fase de medição é dedicada ao estabelecimento do sistema de recolha de dados que permita avaliar o desempenho atual do processo em análise em termos de indicadores quantificáveis. Em terminologia Seis Sigma, estes indicadores quantificáveis são denominados indicadores de desempenho (KPI – *Key Performance Indicator*) e estão relacionados com fatores críticos de Qualidade (CTQ – *Critical To Quality*). A ferramenta que faz a ponte entre a definição de um projeto e os CTQs é a *CTQ flowdown* (Figura 2.2). Esta ferramenta traduz a lógica subjacente ao projeto ao analisar hierarquicamente como os fatores CTQs se relacionam com os seus indicadores de desempenho, os KPIs e com o foco estratégico organizacional (*Strategic focal point*) .

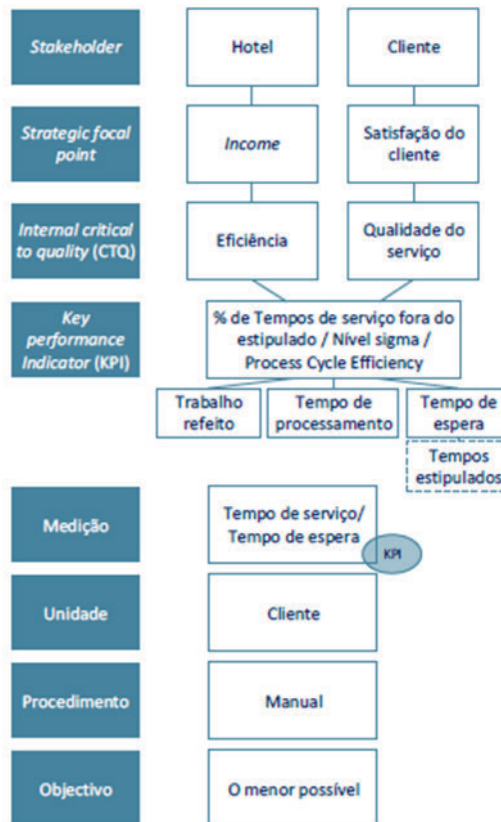


Figura 2.2. CTQ *flowdown* e definições operacionais do projeto desenvolvido.



Numa perspectiva ascendente, os fatores CTQs permitem à equipa alinhar o projeto com os objetivos estratégicos da organização. Na perspectiva do cliente um tempo de serviço reduzido traduz-se em qualidade do mesmo, fator por si considerado como um dos pontos críticos de satisfação. Na perspectiva do hotel, o fator crítico para o negócio é a eficiência, medida em termos de tempo de serviço, que se traduz em receitas para o hotel ao proporcionar clientes fidelizados. Numa perspectiva descendente, esta ferramenta permite mostrar como os fatores CTQs se traduzem em KPIs e estes em procedimentos de medição. Neste caso, o fator que se pretende medir é o tempo que os clientes esperam para ser servidos no restaurante, isto é, desde que o serviço é pedido até que é totalmente fornecido, pelo que a unidade é, por isso, o cliente. A medição é realizada *in loco* com recurso a instrumentos de medição, como o cronómetro e a especificação alvo a atingir é de que esse tempo de serviço seja o menor possível.

De modo a analisar o tempo de espera a que os clientes estão sujeitos neste serviço, foram então quantificados os tempos relativos às tarefas que envolvem a presença do cliente no serviço, isto é, desde que o cliente chega até que o cliente abandona o Restaurante. Tal é justificado pelo fato de que a satisfação de um cliente, na sua ótica, apenas está relacionada com a qualidade do serviço prestado e com a eficácia dos processos, não sendo para si relevante todos os processos que se desenrolam a montante e a jusante para a prestação do referido serviço. Assim, numa primeira fase, apenas é medida a situação atual na perspectiva do cliente, sendo que a fase de análise das causas dos referidos tempos é remetida para uma fase posterior (Análise). Deste modo, e após acompanhamento *in loco* durante algum tempo dos processos em estudo, foram definidos os parâmetros alvo de recolha, para medir o desempenho atual do processo. Esses parâmetros estão explicitados na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1. Plano de recolha de dados/tempos.**

Clientes N	
Espera inicial Primeiro contato	Chegada cliente
Acolhimento, escolha e pedido Fim pedido	Primeiro contato
Espera prato principal Servido prato principal	Fim pedido
Refeição	Servido prato principal
	Pedido sobremesa
	Servida sobremesa
	Solicita conta
Espera conta Chegada conta	Solicita conta
Pós refeição e saída Abandona restaurante	Chegada conta

Estes dados permitem obter a duração de cada tarefa e distinguir assim entre tempos de espera e tempos dedicados a tarefas de valor acrescentado para o cliente. Assim, a ‘espera inicial’ corresponde ao tempo desde que o cliente chega ao restaurante até ter um primeiro contato com um empregado. Foi considerado como primeiro contato o momento em que é estabelecido o primeiro contato visual, por traduzir o momento a partir do qual o cliente foi visto e se sente acolhido. O ‘acolhimento, escolha e pedido’ envolve todos os momentos de acolhimento do cliente, encaminhamento para a mesa, entrega da carta, escolha, eventuais esclarecimentos da ementa e pedido do cliente. A ‘espera de prato principal’ corresponde ao tempo desde que o cliente termina o pedido até que o prato seja efetivamente servido. Este período engloba a chegada das bebidas, aperitivos e entradas. No entanto, considera-se como determinante para o processo o tempo de chegada do prato principal, uma vez que representa o cerne da refeição para o cliente. O tempo de ‘refeição’ decorre desde que o cliente é servido até que solicite a conta. Enquanto atividade de lazer para alguns dos clientes, acontece que estes ficam a conversar e apenas solicitam a conta algum tempo depois de terem terminado a refeição. Esse tempo é considerado como de valor acrescentado para o cliente, e como tal pertence ao momento da refeição. A este período é subtraído o tempo de espera da sobremesa, caso o cliente a solicite. A ‘espera conta’ designa o tempo desde que o cliente a solicita até à chegada da mesma. Por último, ‘pós refeição e saída’ marca o tempo desde que a conta chega até que o cliente abandona o restaurante. Mais uma vez, para um cliente descontraído, este tempo pode ser sinónimo de conversa e relaxamento, pelo que também é considerado como tempo de valor para o cliente.

De salientar ainda que se considera como um cliente o conjunto de pessoas que se apresentem juntas no restaurante. Assim, seja uma pessoa única, um casal, uma família com filhos ou um grupo de pessoas, apenas é considerado um cliente.

### **Análise**

Nesta fase são analisados os resultados obtidos com as medições e são identificadas as fontes de variação do processo. As medições realizadas foram obtidas em 14 turnos de refeições, entre almoços e jantares, perfazendo um total de 31 medições. Apesar da amostra obtida não englobar um número muito elevado de medições, equivale a 23% do total de turnos do mês em que as medições foram realizadas. Pode por isso ser considerada como uma amostra significativa que representa a situação atual decorrente no estabelecimento em estudo.

No que toca ao tempo útil de refeição do cliente, é de salientar que este tempo depende se o cliente termina a refeição com uma sobremesa ou não. Tal pedido não só se traduz num novo tempo de espera, como influencia o tempo total dedicado à refeição, e como tal, influencia o tempo total de ciclo. Este momento foi então segmentado de acordo com a solicitação ou não de sobremesa por parte do cliente. A duração destes momentos pode ser visualizada na Tabela 2.2. O ‘tempo total de ciclo’ designa o tempo desde que o cliente entra até ao momento em que abandona o restaurante.

**Tabela 2.2. Duração média dos momentos constituintes do processo e sua quota de contribuição para o tempo total de ciclo.**

Momento	Duração Média +/- desvio padrão (em minutos)		Percentagem de ocupação Tempo de ciclo (%)	
	(Sem sobremesa)	(Com sobremesa)	(Sem sobremesa)	(Com sobremesa)
Espera inicial	0,51 +/- 1,18		0,84	0,70
Acolhimento, escolha e pedido	4,70 +/- 3,42		7,75	6,47
Espera prato principal	26,91 +/- 9,76		44,35	37,03
Refeição	23,45 +/- 9,54	27,59 +/- 9,59	38,65	37,96
Espera sobremesa		7,88 +/- 2,31		10,84
Espera Conta	1,56 +/- 0,99		2,57	2,15
Pós refeição e saída	3,54 +/- 4,27		5,83	4,87
Tempo total de ciclo	60,67 +/- 14,78	72,69 +/- 15,00	100	100

Como se pode constatar pela Tabela 2.2, e suportada por visualização da Figura 2.3, as tarefas que mais consomem tempo neste processo são a espera pelo prato principal e a refeição propriamente dita. Para o caso em que os clientes não solicitam sobremesa, o tempo de espera do prato chega a ser superior ao tempo útil de refeição, representando mais de 44% do tempo em que o cliente se encontra no restaurante. Seguidamente, e para o caso de existência de sobremesa, surge o momento ‘espera sobremesa’ como tarefa de maior duração. Torna-se por isso evidente que uma melhoria do processo passaria por uma otimização dos tempos de espera.

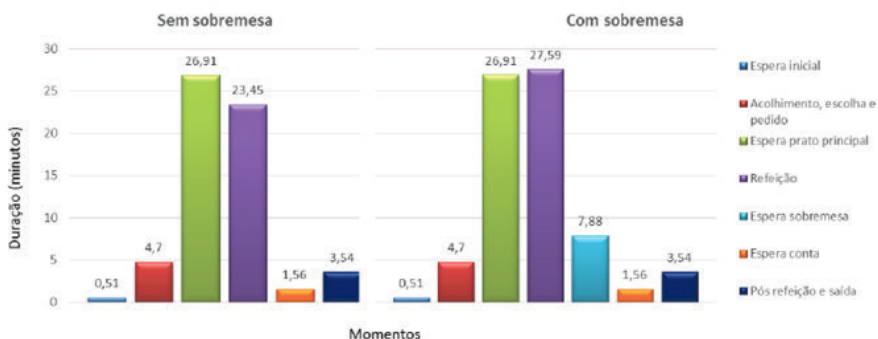


Figura 2.3. Distribuição temporal de cada momento constituinte do processo.

A partir dos tempos obtidos é possível agrupá-los em duas grandes categorias: as tarefas de valor acrescentado (TVA), que acrescentam valor ao processo, e as tarefas de valor não acrescentado (TVNA), que são consideradas como desperdício e, como tal, devem durar o mínimo possível (Tabela 5.3). Para o processo em causa, as atividades que não acrescentam valor são os momentos referentes a tempos de espera ('espera inicial', 'espera prato principal', 'espera sobremesa' e 'espera conta'), sendo que todos os restantes momentos são consideradas atividades que agregam valor ao processo.

**Tabela 2.3. Duração e distribuição percentual dos momentos por categoria de tarefas.**

	Sem sobremesa		Com sobremesa	
	Duração (min.)	Percentagem (%)	Duração (min.)	Percentagem (%)
<b>Tarefas de valor acrescentado (TVA)</b>	31,69	52,23	35,83	49,29
<b>Tarefas de valor não acrescentado (TVNA)</b>	29,98	47,77	36,86	50,71
<b>Total</b>	60,67	100	72,69	100

Como se pode observar pela Tabela 2.3, as Tarefas de valor acrescentado e as Tarefas de valor não acrescentado têm sensivelmente o mesmo tempo de duração para cada uma das situações. Para os clientes que pedem sobremesa, o tempo de espera (50,71%) chega a ser superior ao tempo de valor acrescentado do processo (49,29%). Assim, o *Process Cycle Efficiency* (PCE), correspondente ao rácio entre o tempo de valor acrescentado e o tempo total é de 52,23% para os clientes que não solicitaram sobremesa e de 49,29% para os que solicitaram.

Até ao momento foi feita uma análise a nível macroscópico dos tempos de espera no restaurante (visíveis para o cliente). No entanto, no sentido de identificar as possíveis causas de influência dos tempos de serviço, e tendo em conta a diversidade de itens envolvidos, é feita agora uma análise mais detalhada de cada um. A Figura 2.4 apresenta a distribuição dos tempos gastos a servir cada um dos itens no restaurante. Note-se que estes tempos de serviço são contabilizados desde que o cliente efetua o seu pedido até que é efetivamente servido. Na amostra considerada, todos os clientes solicitaram prato principal e bebida. Apenas

alguns clientes consumiram couvert, entrada e sobremesa. Os dados referentes a cada distribuição estão ainda referenciados na Figura 2.4.

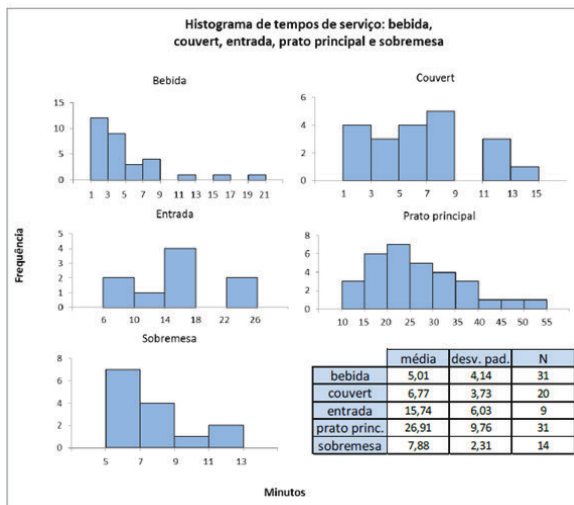


Figura 2.4. Histograma de duração dos tempos de serviço dos diversos itens.

Como se pode constatar pela Figura 2.4, a distribuição temporal dos tempos de serviço não apresenta propriamente uma tendência na sua distribuição. Os tempos de serviço do prato principal representam a distribuição que mais se pode aproximar de uma curva normal.

Um Diagrama de Caixa foi elaborado para analisar a variação dos itens comuns a todos os clientes, ou seja, do prato principal e da bebida (Figura 2.5).

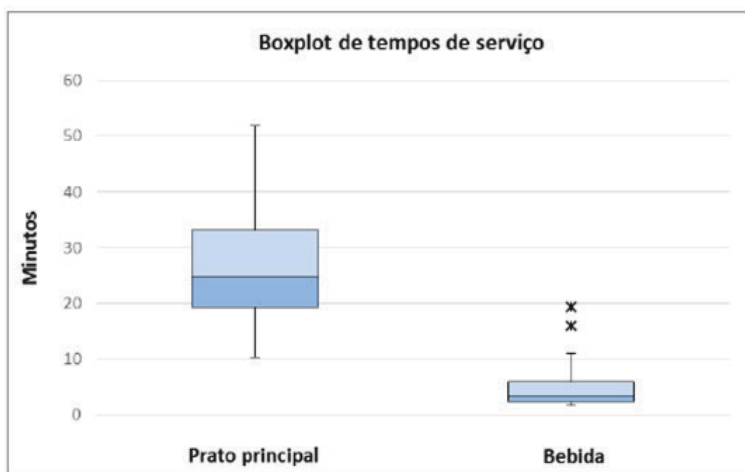


Figura 2.5. Diagrama de caixa de duração dos tempos de serviço dos itens comuns da amostra.

Como se pode constatar pela Figura 2.5, o tempo de serviço do prato principal apresenta um grande nível de dispersão. Para o caso do serviço de bebida, os dois valores discrepantes apresentados (denominados *outliers*) são devido a bebidas que necessitam de ser confeccionadas no momento do pedido (como por exemplo sumos de laranja natural), e que exigem, portanto, um maior tempo de serviço.

Tendo em conta que o hotel em estudo pertence a uma cadeia hoteleira que possui tempos de serviço estipulados para cada um dos itens no serviço de restauração (os denominados KPIs), procedeu-se em seguida ao cálculo do nível sigma do processo (Tabela 2.4). Neste caso, uma falha ou não especificação do processo é considerada quando o serviço não cumpre com os tempos estipulados para a cadeia, e que serviu como base para a estimativa do atual desempenho do processo.

**Tabela 2.4. Cálculo do nível sigma do processo.**

<b>Serviço</b>	<b>Tempo máximo admitido (min)</b>	<b>Dentro do tempo estipulado (%)</b>	<b>Fora do tempo estipulado (%)</b>	<b>Nível sigma</b>
Bebida	5*	67,7	32,3	2,0
Couvert	10	80,0	20,0	2,6
Entrada	15	55,6	44,4	1,6
Prato Principal	17,5/30**	32,3	67,7	1,4
Sobremesa	15	100,0	0,0	6,0
Nível sigma global		62,9	37,1	1,8

(\*exceto bebidas a confeccionar no momento; \*\*depende se o cliente solicitou entrada)

Como se pode constatar por análise da Tabela 2.4, o tempo de serviço da sobremesa está dentro do tempo estipulado para todas as solicitações, representando por isso um nível sigma máximo. Já no que toca aos restantes tempos, pode constatar-se que o processo se encontra correntemente em estado crítico, no que toca não só à percentagem de solicitações que são entregues fora dos tempos estipulados (Tabela 2.4), mas também à existência de grande variabilidade nos tempos de serviço (Figura 2.4 e Tabela 2.2). O prato principal, sendo o cerne da refeição do cliente, é o que apresenta um nível sigma mais baixo. O nível sigma global do processo foi estimado em 1,8, o que significa que o processo falha/é defeituoso em cerca de 37,1% dos tempos de serviço.

Seguidamente, e ainda dentro da fase de Análise da metodologia Seis Sigma, foram identificadas as possíveis causas que influenciam os tempos de serviço. Para

tal, passou-se para os bastidores do Restaurante onde os pratos são confeccionados, ou seja, a Cozinha, de modo a analisar não só os seus procedimentos internos, mas também a interação dos processos entre a Cozinha e a Restauração.

Recorreu-se então a uma das principais ferramentas da Qualidade, o Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito para descrever as possíveis causas que influenciam os tempos de serviço no Restaurante (Figura 2.6). Esta ferramenta permite agrupar de forma gráfica e sintética os fatores que contribuem ou afetam uma determinada situação, isto é, avaliar as causas que originam um determinado efeito.

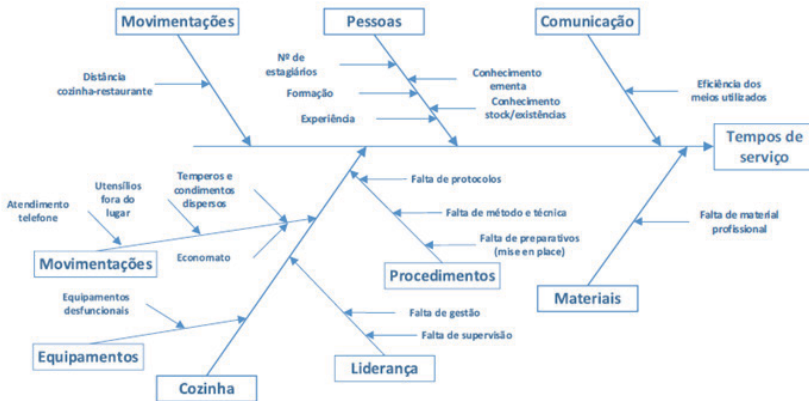


Figura 2.6. Diagrama de causa e efeito para os tempos de serviço no restaurante.

Por último, foi elaborado um diagrama que representa esquematicamente a sequência temporal e espacial dos processos levados a cabo desde que o cliente solicita o pedido no restaurante até que este lhe é efetivamente entregue (figura 2.7).

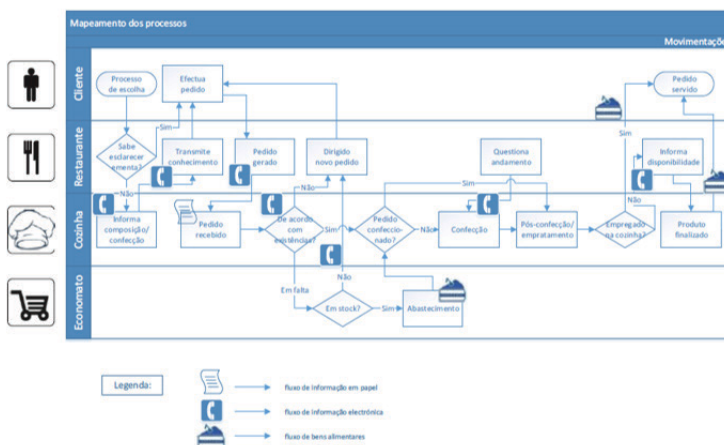


Figura 2.7. Mapeamento do fluxo dos processos referente aos pedidos servidos no restaurante.

## Implementação de soluções

A fase *Improve* da metodologia DMAIC tem como objetivo analisar as causas do problema e propor soluções viáveis para a melhoria do processo existente. Assim, após identificação das referidas causas, foram propostas melhorias para aumentar o nível de desempenho do processo, sugestões estas que deverão ser posteriormente analisadas pela gestão do hotel.

Uma solução que poderá ser implementada no sentido de reduzir os desperdícios de tempo e de movimentação por parte dos colaboradores da Cozinha na busca de temperos e condimentos dispersos e de utensílios fora do lugar seria através da mobilização e consciencialização da equipa para um espaço de trabalho normalizado e organizado. À luz do Lean, a ferramenta que traduz esta necessidade é o programa dos 5S.

Apesar da aparente simplicidade da ferramenta 5S, é preciso cuidado para saber adaptar adequadamente os seus princípios a cada realidade. Esta ferramenta permite um melhor aproveitamento dos materiais, aumentar a eficácia e a produtividade pela redução da perda de tempo à procura de itens, bem como aumentar a segurança, satisfação e motivação dos colaboradores, com consequente melhoria da competitividade organizacional.

A segunda sugestão seria no sentido de aumentar a eficiência dos meios de comunicação utilizados, nomeadamente através de um melhor aproveitamento dos POS (*Point of Service*) a utilizar no restaurante. Num serviço em que se pretende uma redução, tanto quanto possível, do tempo de espera do cliente, o ideal seria que um pedido realizado no restaurante pelo cliente saísse em tempo real no local da sua confecção – a cozinha. Acontece que atualmente, desde que o cliente termina o seu pedido até que o colaborador do restaurante passe a informação à cozinha (por vezes presencialmente com informação por escrito, por vezes via telefone), decorre em média cerca de 1,02 minutos. Este tempo é considerado como desperdício por não estar a contribuir como valor acrescentado para o processo.

A implementação de um sistema eletrónico permite aumentar a disponibilidade do funcionário no restaurante, ao reduzir as viagens desnecessárias à cozinha, ou impedir a interrupção do trabalho realizado na cozinha para ir atender ao telefone. A utilização deste meio de comunicação numa situação em que os cozinheiros interrompem constantemente o seu trabalho para ir atender ao telefone, revela, pois, ser um método pouco eficiente e muito suscetível a falhas, devido a fatores inerentes ao ser humano, como o esquecimento. Deste modo, o sistema informático transmitia diretamente e em tempo real o pedido para a cozinha, bem como a informação do momento a partir do qual os pratos estão disponíveis, impedindo as deslocações desnecessárias dos empregados entre a cozinha e o restaurante, bem como o incómodo e a interrupção constante do trabalho na cozinha.



Para além de aumentar a eficiência de comunicação com a cozinha, o aproveitamento da capacidade de armazenamento do POS (*Point of Service*) permite igualmente um esclarecimento em tempo real por parte dos funcionários do restaurante em termos de *stocks* e existências, evitando voltar a solicitar ao cliente novo pedido, bem como das composições e características nutricionais de cada prato. Este assunto é especialmente relevante para o caso de clientes que tenham determinadas alergias ou intolerâncias alimentares e que necessitem de saber todos os ingredientes de cada prato. Assim, este meio de comunicação não só permite uma maior eficiência ao diminuir os deslocamentos desnecessários e uma redução de telefonemas adicionais para esclarecer estes assuntos, como melhora a imagem e o profissionalismo demonstrado.

Outro fator identificado como alvo de melhoria prende-se com a uniformização dos pratos confeccionados. Existe atualmente uma notória falta de consistência na confecção dos pratos, de acordo com a equipa de serviço. Deste modo, e tendo em conta a expectativa do cliente perante solicitação do mesmo serviço em ocasiões diferentes, urge a necessidade de definição de fichas técnicas para cada prato, bem como de normas, procedimentos e protocolos de confecção que devem ser seguidos por todas as equipas ao serviço, de modo a diminuir a variabilidade e a aumentar a uniformidade do serviço prestado.

Outro aspeto identificado prende-se com a racionalização das operações de trabalho. Este aspeto está em parte relacionado com a constante rotação de estagiários no hotel que, como tal, não têm ainda adquiridos os métodos e técnicas de trabalho. Uma solução passaria pela formação mais frequente, no sentido de colmatar a ainda reduzida experiência, para que não se faça sentir tanto no serviço fornecido. A gestão, supervisão e coordenação da equipa de trabalho na cozinha torna-se por isso urgente para uma melhor eficiência, organização do trabalho e capacidade de definição de prioridades em cada momento.

## **Controle**

Após implementação das ações de melhoria, o último passo da sequência DMAIC – a fase *Control* – prende-se com a medição do desempenho do processo, com o intuito de avaliar o impacto e verificar a eficácia das ações implementadas. No entanto, como neste projeto de estudo foram feitas apenas propostas de melhoria, sem a sua implementação prática, esta última fase da sequência não foi possível de realizar.

### **2.3. Discussão**

Existe um conjunto significativo de casos de sucesso divulgados no âmbito da implementação das metodologias Lean Seis Sigma transversalmente a todos os setores da economia. De facto, o Seis Sigma tem impulsionado a recuperação de organizações de outras indústrias e tem um histórico comprovado em termos de redução de custos e aumento da eficiência. No entanto, existe ainda uma certa lacuna no que toca a casos da sua aplicação na Hotelaria. A literatura sugere que o Lean Seis Sigma pode ser implementado com sucesso dentro dos diversos

departamentos de um Hotel (limpeza dos quartos, F&B, lavanderia, reservas, etc.). Assim, existe um conjunto de fatores, mencionados de seguida, encarados como razões de relutância em termos de aplicação do Lean Seis Sigma na Hotelaria. A importância de estabelecer uma infraestrutura de líderes treinados em Seis Sigma pode ser uma justificação possível. O treino extensivo e as responsabilidades adicionais dos responsáveis podem comprometer a capacidade de executarem o seu trabalho inicial.

Outra razão possível de relutância pode ser o facto de os gerentes na indústria hoteleira não serem necessariamente adeptos ou não verem a necessidade de analisar dados estatísticos, de modo a identificar as principais causas dos problemas. Do seu ponto de vista, o modo como têm gerido as operações e servido os clientes ao longo dos anos é a forma que encontraram como mais eficaz para gerir o seu negócio. O Lean e Seis Sigma podem, assim, representar uma ameaça “à sua maneira de fazer as coisas” e representar uma moda passageira que durará pouco tempo.

Outro fator passível de relutância do Seis Sigma e do Lean na hotelaria é a exigência de um compromisso por parte de todos os níveis da organização. Para uma implementação bem-sucedida é crucial a participação e envolvimento de todos os níveis internos. Por vezes, a reorganização dos processos pode levar a uma redução da mão-de-obra necessária, e por isso resultar em demissões, o que pode tornar os colaboradores relutantes em participar. Do mesmo modo, a capacidade de obter *feedback* e conselhos dos níveis operacionais da organização é um fator de prosperidade do Lean Seis Sigma. Esta alteração de cultura é por vezes uma tarefa difícil, e é certamente outra razão para estes programas não serem ainda mais prevalentes na hotelaria.

Apesar das empresas hoteleiras poderem facilmente constatar os benefícios que estes programas de gestão de qualidade possam apresentar para o seu negócio, o tempo necessário para implementá-los plenamente pode ser um fator desmotivador. Podem ser precisos muitos anos para uma empresa adotar integralmente o Lean Seis Sigma. A exigência de tempo, compromisso, capital e de outros recursos pode não parecer uma boa decisão de negócio quando o objetivo é o retorno do investimento a curto prazo.

Outro desafio inerente à metodologia Seis Sigma é a sua complexidade. No caso de problemas aparentemente simples com soluções óbvias e fáceis de implementar, a adesão rigorosa ao processo de resolução de problemas de acordo com a abordagem do Seis Sigma pode ser considerado ineficiente e um exagero. Além disso, ao contrário do Lean, o Seis Sigma não recorre a soluções padrão para problemas comuns. Do mesmo modo, o perigo de subavaliar um processo, ao deixar de levar em conta toda a cadeia de valor, está sempre presente. O Seis Sigma oferece, por isso, uma abordagem estruturada, analítica e lógica de resolução de problemas, bem como uma forte estrutura organizacional para a sua implementação.

A elevada taxa de rotatividade de colaboradores, inerente ao setor turístico e como tal característica de algumas unidades hoteleiras, pode também represen-

tar uma ameaça à implementação bem-sucedida destas metodologias. O custo de treinar constantemente novo pessoal não é um investimento que uma boa liderança queira assumir.

Por último, outra resistência sobejamente referenciada do Lean Seis Sigma na hotelaria é o estigma ainda existente de que estes programas apenas são aplicáveis em ambientes de produção e manufatura. O Lean e o Seis Sigma são bastante conhecidos pelas organizações que os criaram – Toyota, Motorola, GM – ou seja, indústrias centradas na manufatura. Por isso os métodos e as ferramentas utilizadas nos programas podem não ser reconhecidos como úteis também nos serviços.

Concluindo, a falta de implementação e a relutância em relação ao Lean Seis Sigma aponta para os custos e recursos necessários, para o treino e implementação de uma infraestrutura adequada e para o compromisso das pessoas, mas aponta sobretudo para o estigma do fraco conhecimento ainda das potencialidades destas metodologias. Felizmente, a sua aplicação já demonstrou que os benefícios a médio prazo podem facilmente superar os custos associados à sua implementação e o sucesso obtido em várias organizações de serviços são a prova de que estes obstáculos podem ser ultrapassados. O maior obstáculo passa então pela necessidade de uma mudança de cultura das organizações e de um reconhecimento de que as boas formas de gestão do passado podem já não ser suficientes face às atuais necessidades do mercado, exigindo, portanto, uma nova forma de pensar, agir e gerir.

### 3. Conclusão

O avanço tecnológico e a crescente internacionalização económica acirraram a concorrência e influenciaram de forma radical as atuais exigências dos serviços. O Lean Seis Sigma é hoje amplamente aceite como uma estratégia de negócio para aumentar a produtividade e a satisfação dos clientes, pelo que a sua utilização nas organizações dos serviços está rapidamente a crescer.

O Turismo, e a hotelaria em particular, tal como as restantes indústrias de serviços, exige esforços constantes de inovação para tornar o produto turístico atrativo e competitivo. O perfil de cliente cada vez mais exigente pode vir a tornar a adoção destas práticas uma questão de sobrevivência empresarial e permitir responder eficazmente aos desafios que se colocam no atual contexto económico. A hotelaria em Portugal, tendo em conta o peso que representa para o Turismo no país, exige atualmente um alto profissionalismo da administração hoteleira, havendo cada vez menos espaço para hoteleiros amadores.

Os estudos académicos que relatam o sucesso obtido na Starwood podem encorajar outras organizações hoteleiras a implementar o Seis Sigma. De referir, no entanto, que a escassez de informação e de documentos de domínio público disponíveis que relatam os procedimentos e os esforços levados a cabo com os casos de estudo Seis Sigma, denotam uma falta de visibilidade e de perspectiva

e revelam até ser motivo de preocupação, especialmente quando uma cadeia hoteleira de renome como a Starwood tem obtido benefícios tão significativos.

Deste modo, é hoje aceite que as formas de gestão do passado não são aplicáveis ao estado atual dos serviços, pelo que se torna urgente comunicar o sucesso obtido com metodologias como o Lean e o Seis Sigma, bem como a noção de que as organizações que não se adaptam e buscam melhoria contínua serão gradualmente deixadas para trás.

Este capítulo apresenta a implementação da metodologia seis sigma, suportada pelo ciclo DMAIC ao serviço de restauração de uma unidade hoteleira portuguesa. As propostas de melhoria desenvolvidas ao longo do projeto encontram-se em fase de implementação. Não tendo sido possível ainda aferir os resultados que serão alcançados. No entanto, o projeto descrito ao longo deste capítulo mostra que a metodologia Lean Seis Sigma desenvolvida para o setor industrial pode ser devidamente adaptada às necessidades do setor de serviços. A metodologia descrita poderá ser adaptada a outras realidades do setor hoteleiro, espertando-se assim que este trabalho contribua para a disseminação desta metodologia num setor tão importante para a economia dos países.

## Referências

- ABREU P, Sousa S, Lopes I. Using Six Sigma to Improve Complaints Handling. Proceedings of the World Congress on Engineering, London, U. K., 4-6 July; 2012.
- AHMED, I. Significance and Impact of Training through Six Sigma in Hotels. VSRD-IJB-MR 2, 374-386; 2012.
- BEVAN H, Westwood N, Crowe R, O'Connor M. Lean Six Sigma: some basic concepts. NHS, Institute for Innovation and Improvement, 1-14; 2006.
- BRANCO GM, Ribeiro JLD, Tinoco MAC. Determinantes da satisfação e atributos da qualidade em serviços de hotelaria. *Production*, 20, 4, 576-88; 2010. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132010005000057>.
- BREYFOGLE FW. Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods. 2nd ed. Wiley; 2003.
- CHUAN TK, Chakraborty A. Room for Improvement: hotel giant resorts to Six Sigma to improve its operations. *Six Sigma Forum Magazine*, 9, 20-24; 2009.
- DOES RJMM, Vermaat TMB, Verver JPS, Bisgaard S, Heuvel J. Reducing Start Time Delays in Operating Rooms. *Journal of Quality Technology*, 41, 95-109; 2009.
- DOES RJMM, Vermaat TMB, Koning H, Bisgaard S. Standardizing Healthcare Projects. *Six Sigma Forum Magazine*, November, 14-23; 2006.
- GEORGE ML. Lean Six Sigma for Service: How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions. Mc Graw Hill; 2003.
- HARRY M, Schoroeder R. Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations; 2006.
- HEUVEL JV, Does RJMM, Koning H. Lean Six Sigma in a hospital. *Int. J. Six Sigma and Competitive Advantage*, 2, 377-388; 2006.
- KONING H, Verver JPS, Heuvel J, Bisgaard S, Does R. Lean Six Sigma in Healthcare. *Journal for Healthcare Quality*, 28, 4-11; 2006.
- LANCASTER JM. Lean and Six Sigma in Hospitality Organizations: Benefits, Challenges and Implementation. Masters of Science, University of Nevada, Las Vegas. UNLV; 2011.
- LASATER. Case study: Bank of America – A Lean Six Sigma Deployment Success. Consultado em Abril 2014
- LAUREANI A. Lean Six Sigma in the Service Industry. Advanced Topics in Applied Operations Management, Mr. Yair Holtzman (Ed.), InTech China; 2012.

- LINDERMAN K, Schroeder RG, Zaheer S, Choo AS. Six Sigma: a goal-theoretic perspective. *Journal of Operations Management*, 21, 193-203; 2003.
- MCCROSSAN T. Six Sigma: Does it fit in hospitality?. *Hospitality Upgrade*, Spring 2008, 28-30; 2008.
- PINTO JP. *Pensamento Lean: a filosofia das organizações vencedoras*. 6ª Ed. Lidel; 2014.
- PYZDEK T, Keller P. *The Six Sigma Handbook*. 3ª Ed. Mc Graw Hill; 2009.
- RUCKER R. Satisfying Customers: Citibank creates defect-free processes to increase customer loyalty. Consultado em Abril 2014 (<http://www.masetllc.com/pdfs/135.pdf>).

# Metodologias *Lean Mindset* e CERTICS para Desenvolvimento e Inovação Tecnológica de *Software*

---

*Clenio F. Salviano*<sup>49</sup>, *Cleide de Marco Pereira*<sup>50</sup> e *Angela Maria Alves*<sup>51</sup>

Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, Campinas, São Paulo, Brasil

## 1. Introdução

Produção ou Manufatura Enxuta (*lean production or lean manufacturing*), é um método sistemático para melhoria da eficiência e produtividade com diminuição do desperdício e foco na perspectiva do cliente e consumidor. *Lean* é baseado no Sistema Toyota de Produção. *Lean* tem sido utilizado com sucesso também para a melhoria do desenvolvimento de *software*, por, entre outros, Mary e Tom Poppendieck. Eles desenvolveram mais recentemente a metodologia *Lean Mindset* para utilização de *Lean*.

*Lean Mindset* orienta o desenvolvimento de produtos. O modelo mental do *Lean Mindset* está organizado em cinco princípios: o propósito do negócio, trabalhadores energizados, clientes muito satisfeitos, eficiência genuína e inovações avançadas. O primeiro princípio inicia o desenvolvimento com duas perguntas fundamentais: qual é o propósito do negócio, e que tipo de sistema de trabalho é melhor para atingir este propósito. Então o segundo princípio explora formas de criar um ambiente de trabalho que energize os trabalhadores para que sua inteligência e criatividade possam ser utilizadas para desenvolver excelentes produtos. A competência dos trabalhadores é melhorada continuamente com a combinação de desafios, treinamento, progresso e perseverança.

O terceiro princípio de *Lean Mindset* trata do processo para a criação de produtos e serviços que funcionem bem e satisfaçam plenamente os clientes.

---

49 E-mail do Autor Correspondente: [clenio.salviano@gmail.com](mailto:clenio.salviano@gmail.com)

50 E-mail do Autor Correspondente: [cmpereir@cti.gov.br](mailto:cmpereir@cti.gov.br)

51 E-mail do Autor Correspondente: [angela.alves@cti.gov.br](mailto:angela.alves@cti.gov.br)

Identificar requisitos para resolver os problemas certos com produtos certos é fundamental. O quarto princípio considera a eficiência. A eficiência genuína busca o desenvolvimento do produto certo, com a geração e utilização de novos conhecimentos, e com mais rapidez no retorno dos clientes com a redução do tempo de desenvolvimento e entrega das soluções. O quinto e último princípio completa o modelo mental com inovações avançadas. Desta forma ocorre a mudança de foco no desenvolvimento de produtividade para causar impacto, de previsibilidade para experimentação, de eficiência para descentralização e de foco no produto para foco na solução

Por outro lado, a Metodologia de Avaliação da CERTICS para *Software* (Metodologia CERTICS) foi desenvolvida para a certificação de *software* resultante de desenvolvimento e inovação tecnológica realizados no País. A aplicação desta metodologia, viabiliza as condições para o uso da margem de preferência em compras públicas, contribuindo para o desenvolvimento nacional sustentável. Desta forma, a CERTICS também foi desenvolvida com outro objetivo complementar: ser uma referência para a melhoria de *software*, com ênfase em desenvolvimento e inovações tecnológicas para melhores produtos e melhores resultados de negócio das organizações .

A CERTICS foi desenvolvida como uma metodologia da área de Melhoria de Processo de *Software*. Melhoria de Processo de *Software*, MPS, (*Software Process Improvement*, SPI) é uma abordagem sistemática para aumentar, por meio do estabelecimento e melhoria contínua dos processos, a eficiência e a eficácia de uma organização intensiva em desenvolvimento de *software* para melhorar os produtos de *software* . Uma organização pode focar em várias dimensões para melhorar seus negócios. Três dimensões críticas são pessoas, procedimentos e métodos, além de ferramentas e equipamentos. Os processos usados em uma organização podem manter estas dimensões de forma harmônica para a melhoria. Segundo a visão da melhoria de processo de *software*, “os processos permitem alinhar a maneira como se faz negócios, eles permitem que se aborde a escalabilidade e forneça uma maneira de incorporar o conhecimento de como fazer melhor as coisas, os processos permitem alavancar seus recursos e examinar tendências de negócios. [...] Um foco no processo fornece a infraestrutura e a estabilidade necessárias para lidar com um mundo em constante mudança e para maximizar a produtividade das pessoas e o uso da tecnologia para ser competitiva.” . MPS envolve três valores principais: pessoas, negócio e mudança. Tem que envolver pessoas ativamente e afetar suas atividades diárias. É feito para o sucesso do negócio. É fortemente relacionado com mudança .

A utilização de MPS pelas organizações tem sido orientada por modelos de referência de processos com melhores práticas para desenvolvimento e outros aspectos de *software*. Estes modelos são organizados pelo conceito de maturidade da capacidade dos processos. As várias versões do modelo de maturidade da capacidade CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) tem sido o modelo mais utilizado pelas organizações e o mais influente na área. Sua versão mais recente é o CMMI versão 2.0 . Outra referência importante da área é o conjunto



de Normas ISO/IEC 15504 que foi recentemente evoluída e renumerada para a família de Normas ISO/IEC 33000. Em especial, a Norma ISO/IEC 15504-2 , que foi evoluída e substituída pela Norma ISO/IEC 33004 , define requisitos, guias e exemplos de modelos de referência de processo para serem utilizados em avaliação e melhoria de processos. Estes requisitos podem ser utilizados para o desenvolvimento de diferentes modelos com diferentes objetivos e domínios de forma a facilitar o uso integrado deles pelas organizações.

Este capítulo apresenta a metodologia CERTICS para a comunidade *Lean* por meio do relacionamento dos elementos do *Lean Mindset* com elementos da CERTICS. Para tanto o capítulo está organizado em sete seções das quais esta é primeira. A segunda seção apresenta a metodologia utilizada para realizar o relacionamento. A terceira seção apresenta a metodologia CERTICS. A quarta seção apresenta o modelo CERTICS por meio de suas áreas de competência e de práticas. A quinta seção apresenta o relacionamento de *Lean Mindset* com a CERTICS de forma a complementar a introdução de CERTICS para a comunidade *Lean*. A sexta seção comenta o resultado deste relacionamento. Finalmente a sétima e última seção apresenta as conclusões.

## 2. Metodologia

Com o objetivo de entender melhor a CERTICS com este outro objetivo complementar, foi planejado uma exploração do seu relacionamento com outras metodologias relevantes para melhoria de produtos com inovações. Uma outra metodologia relevante é *Lean Mindset*.

*Lean Mindset* não foi utilizada como referência para o desenvolvimento da CERTICS. Desta forma a exploração do relacionamento da CERTICS com *Lean Mindset* é interessante. Esta exploração é orientada por uma metodologia de pesquisa iniciada por uma pergunta e hipótese de pesquisa. A pergunta de pesquisa é: Como é o relacionamento dos elementos da metodologia *Lean Mindset* com os elementos da metodologia CERTICS? A hipótese de pesquisa é: Como a CERTICS foi desenvolvida para também ser uma referência para a melhoria de *software*, com ênfase em desenvolvimento e inovações tecnológicas para melhores produtos e melhores resultados de negócio das organizações, deve existir um relacionamento significativo entre elementos da CERTICS e elementos de outra metodologia com objetivo semelhante, no caso, a metodologia *Lean Mindset*.

Para a verificação desta hipótese, serão identificados os elementos de *Lean Mindset* e para cada um deles, será verificado se existem elementos da CERTICS que tratem do mesmo tema. Então serão identificados estes elementos, comentado se existe limitações na cobertura do tema e então quantificado o grau de cobertura em alto, médio, baixo ou inexistente. Caso a maioria dos graus de cobertura seja alto e não exista nenhum grau baixo ou inexistente, o relacionamento será considerado relevante.

# Metodologia CERTICS

A Metodologia CERTICS e sua Estrutura Operacional foram desenvolvidas e estabelecidas por uma equipe multidisciplinar do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI Renato Archer) no período de 2011 a 2014. Entre 2014 e 2016 a CERTICS foi utilizada com sucesso para certificar 45 sistemas de *software* no Brasil.

A CERTICS foi desenvolvida como uma metodologia da área de Melhoria de Processo de *Software*, com um modelo de referência e um método de avaliação baseados nos requisitos definidos na então Norma ISO/IEC 15504, especialmente a Norma ISO/IEC 15504-2 .

Seguindo as orientações dos requisitos para modelos de referência e método de avaliação definidos na então Norma ISO/IEC 15504-2 para avaliação de processos, a metodologia tem dois componentes principais: Modelo de Referência para Avaliação da CERTICS (Modelo CERTICS) e Método de Avaliação da CERTICS (Método CERTICS). A metodologia é complementada por orientações para uma Estrutura Operacional que viabiliza e apoia sua utilização para a certificação de *software*. Para sua utilização para a melhoria de processo o Modelo CERTICS é mais relevante.

A arquitetura da metodologia CERTICS em geral está estruturada em quatro camadas conceituais hierárquicas como uma estrutura lógica, *top-down*, orientada pelo conceito fundamental que direcionou o desenvolvimento do Modelo CERTICS e a engenharia de processamento de informações, *bottom-up*, baseada em evidências, que norteia a utilização desta estrutura na realização de uma avaliação seguindo o Método de Avaliação da CERTICS.

A primeira camada trata do conceito fundamental que é *software* resultante de desenvolvimento e inovação tecnológica realizados no País. Com base neste conceito, foi realizada uma formulação de conceitos operacionais que orientaram a construção dos elementos do modelo.

A segunda camada é composta por quatro Áreas de Competência que detalham o conceito de *software* resultante de desenvolvimento e inovação tecnológica realizados no País presente na definição da primeira camada. Essas Áreas de Competência são denominadas: Desenvolvimento Tecnológico (DES), Gestão de Tecnologia (TEC), Gestão de Negócios (GNE), e Melhoria Contínua (MEC). Cada Área de Competência envolve, com ênfases diferentes, tanto aspectos de competências tecnológicas quanto de competências correlatas. Cada uma das quatro Áreas de Competência é caracterizada no modelo por uma pergunta-chave, seguida por uma breve descrição e um conjunto de Resultados Esperados.

A terceira camada é composta por Resultados Esperados, que detalham cada uma das Áreas de Competência. Foram definidos dezesseis (16) Resultados Esperados distribuídos nas Áreas de Competência. Cada um dos Resultados Esperados é caracterizado no modelo por uma definição, precedida de uma identificação e um rótulo e seguida por uma breve descrição.

O termo Resultado Esperado é renomeado neste relacionamento com *Lean Mindset* para o termo Área de Práticas. Isto porque Resultado Esperado é o termo definido na ISO/IEC 15504-2 e indica o que é esperado ser encontrado para uma certificação. Como o foco neste relacionamento é na melhoria, o termo Área de Práticas comunica melhor a sua utilização para orientar ações para a prática no desenvolvimento de *software*. A melhoria de processo deve ser feita em uma Unidade Organizacional de uma organização.

A quarta camada é composta por conjuntos de Orientações e Indicadores, que detalham as Áreas de Prática definidas na terceira camada. Cada conjunto de Orientações existente para cada Área de Prática orienta ações a serem realizadas para a melhoria de aspectos do desenvolvimento e inovação tecnológicos do *software*.

## Modelo CERTICS

Uma visão geral do Modelo de Referência para Avaliação da CERTICS (Modelo CERTICS) está ilustrada na Figura 1 e descrita a seguir por meio da descrição resumida de suas quatro áreas de competência. Desenvolvimento Tecnológico (DES), Gestão de Tecnologia (TEC), Gestão de Negócios (GNE) e Melhoria Contínua (MEC), e suas dezesseis áreas de práticas.

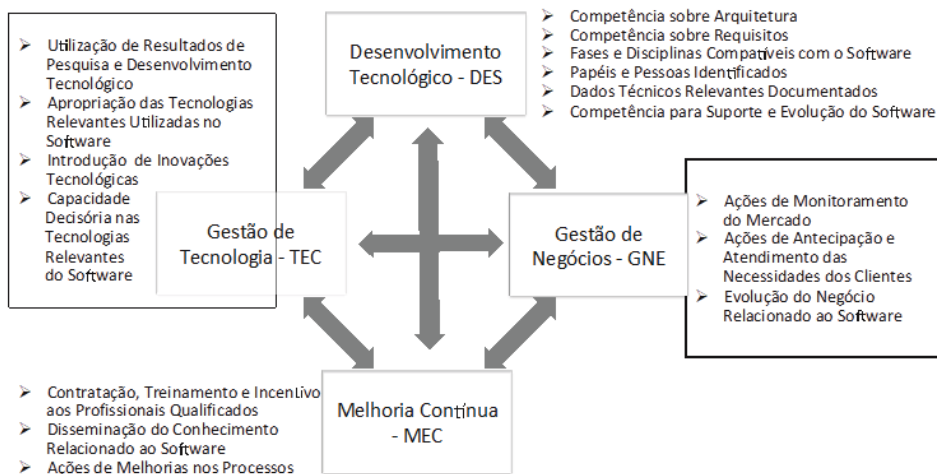


Figura 1 – Áreas de Competências e Práticas do Modelo CERTICS

A Área de Competência Desenvolvimento Tecnológico (DES) refere-se ao domínio do conhecimento nas tecnologias relevantes presentes no *software*,

para que seja possível o seu desenvolvimento tecnológico, manutenção, suporte e evolução. Este domínio do conhecimento está concentrado nos requisitos e na arquitetura do *software*. O domínio do conhecimento, nas tecnologias relevantes presentes no *software* e o conhecimento, na plataforma utilizada para a construção do *software* e na plataforma de execução, potencializam a criação ou ampliação das competências tecnológicas e correlatas no País.

Para buscar a melhoria orientada por esta Área de Competência Desenvolvimento Tecnológico, a Unidade Organizacional deve ter ações com resultados efetivos para as seguintes áreas de prática:

DES.1. Competência sobre Arquitetura: A Unidade Organizacional tem competência sobre os elementos relevantes da arquitetura do *software* e sua implementação.

DES.2. Competência sobre Requisitos: A Unidade Organizacional tem competência sobre os requisitos relacionados à tecnologia relevante do *software*.

DES.3. Fases e Disciplinas Compatíveis com o *Software*: As fases e disciplinas realizadas para o desenvolvimento são compatíveis com o *software* gerado.

DES.4. Papéis e Pessoas Identificados: Os papéis e as pessoas que atuaram no *software* estão identificados, são compatíveis com o desenvolvimento e geraram competência tecnológica na Unidade Organizacional.

DES.5. Dados Técnicos Relevantes Documentados: Dados técnicos relevantes da tecnologia do *software* estão documentados e são de fácil acesso. DES.6. Competência para Suporte e Evolução do *Software*: A Unidade Organizacional tem competência para realizar atividades de suporte e evolução relacionadas ao *software*.

A Área de Competência Gestão de Tecnologia (TEC) envolve o estabelecimento de ações direcionadoras para a pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, a absorção de tecnologias e/ou aquisição de tecnologias existentes a serem incorporadas no *software*, levando em consideração a autonomia e inovação tecnológicas como fatores relevantes.

Para buscar a melhoria orientada por esta Área de Competência Gestão de Tecnologia, a Unidade Organizacional deve ter ações com resultados efetivos para as seguintes áreas de prática:

TEC.1. Utilização de Resultados de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico: O desenvolvimento do *software* utiliza resultados de pesquisa e desenvolvimento tecnológico (P&D).

TEC.2. Apropriação das Tecnologias Relevantes Utilizadas no *Software*: As tecnologias relevantes utilizadas no *software* são apropriadas pela Unidade Organizacional.

TEC.3. Introdução de Inovações Tecnológicas: Ações para introduzir inovações tecnológicas no *software* são estimuladas e realizadas na Unidade Organizacional.

A Área de Competência Gestão de Negócios (GNE) refere-se à administração de ações voltadas para a promoção e o aumento de negócios baseados

em conhecimento, a partir do *software*. Compreendem esforços relacionados ao monitoramento de tendências de mercado do *software* para a incorporação ou não destas tendências na estratégia de negócio da Organização, ações de antecipação e atendimento das necessidades dos clientes do *software* e iniciativas voltadas para a evolução do negócio relacionado ao *software*.

Para buscar a melhoria orientada por esta Área de Competência Gestão de Negócios, a Unidade Organizacional deve ter ações com resultados efetivos para as seguintes áreas de prática:

GNE.1. Ações de Monitoramento do Mercado: Ações de monitoramento de aspectos relacionados ao mercado potencial e às funcionalidades do *software* são realizadas.

GNE.2. Ações de Antecipação e Atendimento das Necessidades dos Clientes: Ações de antecipação e atendimento de necessidades de clientes relacionadas ao *software* são realizadas.

GNE.3. Evolução do Negócio Relacionado ao *Software*: Ações para direcionar a evolução do negócio relacionado ao *software* são realizadas.

A Área de Competência Melhoria Contínua (MEC) abrange um conjunto de atividades, coerentes entre si, que apoiam e potencializam de forma integrada as outras Áreas de Competência do Modelo de Referência, objetivando a melhoria contínua do *software*. Essa Área de Competência envolve atividades relacionadas ao *software* que estão voltadas para a administração, a capacitação e a motivação de recursos humanos, bem como para a disseminação dos aspectos tecnológicos e para a realização de melhorias nos processos das atividades tecnológicas e correlatas.

K 8 Para buscar a melhoria orientada por esta Área de Competência Melhoria Contínua, a Unidade Organizacional deve ter ações com resultados efetivos para as seguintes áreas de prática:

MEC.1. Contratação, Treinamento e Incentivo dos Profissionais Qualificados: Profissionais qualificados são contratados, treinados e incentivados para realizar atividades relacionadas ao *software*.

MEC.2. Disseminação do Conhecimento Relacionado ao Software: O conhecimento relacionado ao *software*, gerado nas atividades tecnológicas e de negócio é disseminado.

MEC.3. Ações de Melhorias nos Processos: Melhorias, nos processos das atividades tecnológicas e de negócio, relacionadas ao *software* são realizadas.

# Relacionamento de *Lean Mindset* com a CERTICS

A Figura 2 apresenta uma representação do resultado do relacionamento entre os cinco princípios do *Lean Mindset* e as dezesseis áreas de práticas da CERTICS. Cada linha entre um princípio do *Lean Mindset* e uma área de práticas da CERTICS indica que existe um relacionamento entre elas.

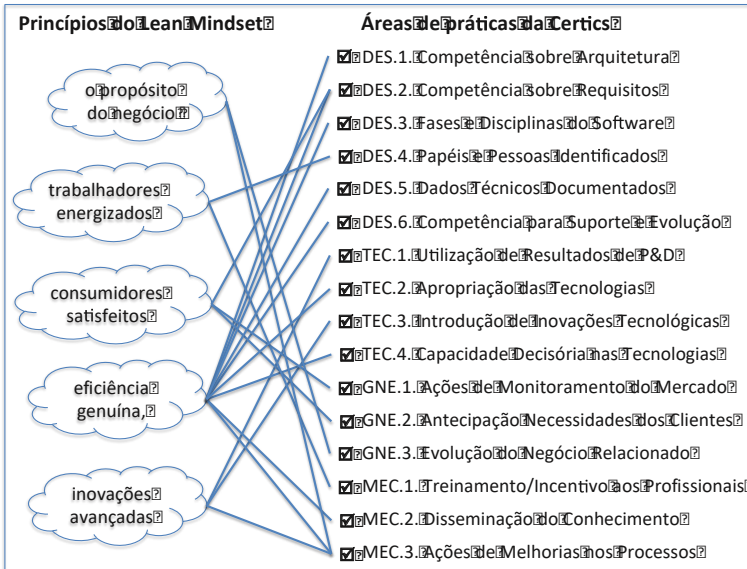


Figura 2 – Relacionamento entre Lean Mindset e CERTICS

O tema do primeiro princípio do *Lean Mindset*, o propósito do negócio, é considerado na CERTICS na área de competência Gestão de Negócios, principalmente na área de práticas GNE.3, Evolução do Negócio Relacionado ao Software, e na área de competência Melhoria Contínua, principalmente na área de práticas MEC.3, Ações de Melhorias nos Processos. GNE.3 trata de “ações voltadas aos aspectos tecnológicos, financeiros e estratégicos realizados para a inserção do software no Mercado ou ampliação do Mercado do software”. Estas ações geram respostas para a pergunta sobre o propósito do negócio. MEC.3 trata de melhorias que “podem alterar a forma de trabalhar [dos] profissionais, visando obter melhores resultados”. Estas melhorias devem contribuir para o estabelecimento de um melhor sistema de trabalho para atingir o propósito do negócio.

A principal limitação da CERTICS em relação a este princípio é que a CERTICS considera um determinado software já desenvolvido e comercializado. Então, GNE.3 trata da evolução do negócio relacionado a este software, enquanto que este princípio do *Lean Mindset* busca o propósito do negócio e os produtos a serem desenvolvidos dependem deste propósito. Desta forma o grau de relacionamento deste princípio com a CERTICS é considerado médio.

O tema do segundo princípio do Lean Mindset, trabalhadores energizados, é considerado na CERTICS na área de competência MEC, especialmente na área de práticas MEC.1, Contratação, Treinamento e Incentivo aos Profissionais Qualificados, e na área de competência DES, especialmente na área de práticas DES.4, Papéis e Pessoas Identificados. Como resultados das ações de MEC.1 “profissionais qualificados são contratados, treinados e incentivados para realizar atividades relacionadas ao software”. Os treinamentos e incentivos devem contribuir para a utilização da inteligência e criatividade dos trabalhadores nas suas atividades do desenvolvimento tecnológico, de negócios, e de suporte e evolução de excelentes produtos. MEC.1 pode ser utilizado para a melhoria contínua da competência dos trabalhadores com a combinação de desafios, treinamento, progresso e perseverança. DES.4 ajuda a definir melhor os papéis de cada trabalhador. Não foram identificadas limitações significativas da CERTICS em relação a este princípio do Lean Mindset. Desta forma o grau de relacionamento deste princípio com a CERTICS é considerado alto.

O tema do terceiro princípio do Lean Mindset, consumidores satisfeitos, é considerado na CERTICS na área de competência Gestão de Negócios GNE, especialmente nas áreas de práticas GNE.1, Ações de Monitoramento do Mercado, e GNE.2., Ações de Antecipação e Atendimento das Necessidades dos Clientes, e na área de competência Desenvolvimento Tecnológico DES, especialmente na área de práticas DES.2, Competência sobre Requisitos. GNE.1 envolve “ações de monitoramento de aspectos relacionados ao mercado potencial e às funcionalidades relacionadas do software”. Monitorar os aspectos relacionados ao mercado potencial do software significa monitorar as ações realizadas para a expansão do mercado atual e as ações para a inserção do software em novos mercados ou nichos. Monitorar as funcionalidades relacionadas ao software significa conhecer as necessidades do mercado potencial para avaliar a inserção de novas funcionalidades ou melhoria nas existentes, visando atender às necessidades dos clientes e, conseqüentemente, à evolução do negócio relacionado ao software.

GNE.2 envolve “ações de antecipação e atendimento das necessidades dos clientes [que] incluem aspectos relacionados à capacidade da Organização de antecipar as necessidades do cliente, desenvolver e oferecer soluções criadas com base nas informações obtidas na realização das ações de antecipação e no que o cliente demande para o software”. DES.2 trata da “competência sobre os requisitos relacionados à tecnologia relevante do software”. Esses requisitos são a base para o desenvolvimento de uma nova tecnologia ou para a atualização de uma tecnologia existente no software. Desta forma novos requisitos para resolver os problemas certos podem ser implementados para que os produtos e serviços continuem a funcionem bem e satisfaçam plenamente os clientes.

Não foram identificadas limitações significativas da CERTICS em relação a este princípio do Lean Mindset. Desta forma o grau de relacionamento deste princípio com a CERTICS é considerado alto.

O tema do quarto princípio do Lean Mindset, eficiência genuína, é considerado na CERTICS em três áreas de competência especialmente em nove de suas áreas de práticas. Na área de competência Desenvolvimento Tecnológico DES, eficiência genuína é considerada especialmente nas áreas de práticas DES.1, Competência sobre Arquitetura, DES.2. Competência sobre Requisitos, DES.3. Fases e Disciplinas Compatíveis com o Software, DES.5. Dados Técnicos Relevantes Documentados e DES.6. Competência para Suporte e Evolução. Na área de competência Gestão de Tecnologia TEC, eficiência genuína é considerada principalmente nas áreas de práticas TEC.2. Apropriação das Tecnologias Relevantes Utilizadas no Software, e TEC.4, Capacidade Decisória nas Tecnologias. Na área de competência Melhoria Contínua MEC, eficiência genuína é considerada principalmente nas áreas de práticas MEC.2. Disseminação do Conhecimento Relacionado ao Software e MEC.3. Ações de Melhorias nos Processos.

DES.1, Competência sobre Arquitetura, trata da “competência sobre os elementos relevantes da arquitetura do software e sua implementação”. A arquitetura do software deve estar definida a partir dos requisitos que são críticos para atingir o resultado da solução proposta, das principais interfaces internas e todas as interfaces externas. A arquitetura de um software é considerada como o elemento mais importante para garantir a eficiência de sua solução e de sua evolução. DES.3, Fases e Disciplinas Compatíveis com o Software, ajuda a definir fases do desenvolvimento do software para melhorar sua eficiência. DES.2, Competência sobre Requisitos, DES. 6, Competência para Suporte e Evolução do Software, e TEC.4, Capacidade Decisória nas Tecnologias, complementam a capacidade para garantir esta eficiência e evolução para o desenvolvimento do produto certo.

MEC.2. Disseminação do Conhecimento Relacionado ao Software, trata da “disseminação do conhecimento na Unidade Organizacional sobre as tecnologias relevantes presentes no software, sobre o domínio da aplicação, sobre as informações de negócio relacionadas ao software, e outros aspectos do software”. DES.5, Dados Técnicos Relevantes Documentados, e TEC.2, Apropriação das Tecnologias Relevantes Utilizadas no Software, viabilizam a disseminação de conhecimento técnico do software. MEC.3, Ações de Melhorias nos Processos, trata de melhorias que “podem alterar a forma de trabalhar [dos] profissionais, visando obter melhores resultados”. Estas áreas de práticas ajudam a geração e utilização de novos conhecimentos, e ter mais rapidez no retorno dos clientes com a redução do tempo de desenvolvimento e entrega das soluções.

Não foram identificadas limitações significativas da CERTICS em relação a este princípio do Lean Mindset. Desta forma o grau de relacionamento deste princípio com a CERTICS é considerado alto.

O tema do quinto princípio do Lean Mindset, inovações avançadas, é considerado na CERTICS nas áreas de competência Gestão de Tecnologia TEC, especialmente nas áreas de práticas TEC.1, Utilização de Resultados de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico e TEC.3, Introdução de Inovações Tecnológicas, e Melhoria Contínua MEC, principalmente na área de práticas MEC.3, Ações de Melhorias nos Processos.



As ações relacionadas a TEC.1 e TEC2, permitem a utilização de resultados de pesquisa e desenvolvimento tecnológico e introduzir inovações tecnológicas avançadas no software. Novamente MEC.3 trata de melhorias que “podem alterar a forma de trabalhar [dos] profissionais, visando obter melhores resultados”. Desta forma estas ações ajudam a mudar de foco no desenvolvimento de produtividade para causar impacto, de previsibilidade para experimentação, de eficiência para descentralização e de foco no produto para foco na solução.

Não foram identificadas limitações significativas da CERTICS em relação a este princípio do Lean Mindset. Desta forma o grau de relacionamento deste princípio com a CERTICS é considerado alto.

## 6. Resultados

Existe uma boa correspondência entre os princípios do *Lean Mindset* e as áreas de práticas da CERTICS. Todos os princípios tem entre duas a oito áreas de práticas relacionadas que tratam do tema de cada princípio. Quatro dos cinco princípios do *Lean Mindset* tem relacionamento alto com as áreas de práticas da CERTICS. Estes quatro princípios são trabalhadores energizados, clientes muito satisfeitos, eficiência genuína e inovações avançadas. O primeiro princípio, o propósito do negócio, tem relacionamento médio com áreas de práticas da CERTICS porque a CERTICS considera um determinado *software* já desenvolvido e comercializado, e então trata da evolução do negócio relacionado a este *software*, enquanto que este princípio do *Lean Mindset* busca o propósito do negócio e os produtos a serem desenvolvidos dependem deste propósito. Esta é a principal limitação da CERTICS em relação ao *Lean Mindset*. Como a maioria dos graus de cobertura é alto (quatro de cinco princípios) e não existe nenhum grau baixo ou inexistente (o relacionamento do outro princípio é médio), o relacionamento da CERTICS com *Lean Mindset* é considerado relevante.

Todas as áreas de práticas da CERTICS estão relacionadas com pelo menos um princípio de *Lean Mindset*. A área de práticas MEC.3, Ações de Melhorias nos Processos, está relacionado com três dos cinco princípios: o propósito do negócio, eficiência genuína e inovações avançadas. Isto é esperado pois a melhoria de processo é utilizada para a melhoria de vários aspectos.

Este relacionamento realizado deve ser considerado como um resultado positivo preliminar. Análises mais detalhadas sob as perspectivas do modelo mental de *Lean* e *Lean Mindset* e da abordagem de melhoria de processo de *software* com a CERTICS devem ser realizadas e o seu resultado deve ser válido por especialistas das duas metodologias, que não participaram da construção do relacionamento e aplicado em casos de desenvolvimento de *software* na indústria para completar a orientação da utilização conjunta destas duas metodologias.

## 7. Conclusão

O relacionamento entre elementos de duas metodologias que possuem propósitos semelhantes oferece uma oportunidade para entender melhor cada uma das metodologias, ajudar na sua utilização, tanto individualmente quanto em conjunto, e contribuir com orientações para a melhoria de cada metodologia.

O relacionamento realizado deve ser considerado como um esforço positivo preliminar. Mesmo assim, este relacionamento entre as metodologias *Lean Mindset* e a metodologia CERTICS ajuda, por um lado, o entendimento da CERTICS pela comunidade de *Lean Mindset* e a implementação dos princípios de *Lean Mindset* com ações das áreas de práticas da CERTICS. Por outro lado, ajuda a comunidade da CERTICS a validar e confirmar a CERTICS como um instrumento para a melhoria de *software*, com ênfase em desenvolvimento e inovações tecnológicas para melhores produtos e melhores resultados de negócio das organizações. Os princípios de *Lean Mindset* podem ser utilizados como referência adicional em uma melhoria de processo de *software* com a CERTICS.

# Referências

- ALVES, A. M., Salviano, C. F., e Stefanuto, G. N. (Org.), *Certificação CERTICS – Um instrumento de política pública para inovação tecnológica em software*, CTI Renato Archer, Campinas, SP, ISBN 978-85-65163-08-8, 287 p., 2015.
- CMMI Institute, *Improving capability and performance with CMMI V2.0 - What has changed?*, Technical Report CMMI Institute, 2018.
- CTI - Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, *Modelo de Referência para Avaliação da CERTICS – Documento de Detalhamento – Versão 1.1. Relatório Técnico CTI Renato Archer – TRT0084113*, 2013.
- ISO/IEC International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission, *ISO/IEC 33004 - Information technology — Process assessment — Requirements for process reference, process assessment and maturity models*, 2014.
- ISO/IEC International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission, *15504-2 - Software Engineering - Process Assessment - Part 2: Performing An Assessment*, 2003.
- POPPENDIECK, M. and Poppendieck, T. *The Lean Mindset – Ask the Right Questions*, Addison-Wesely, 2014.
- POPPENDIECK, M. and Poppendieck, T. *Implementing Lean Software Development: From Concept to Cash*, Addison-Wesley, 2006
- PRIES-HEJE, J and Johansen, J. (Chief Editors), *SPI Manifesto*, eurospi.net, version A.1.2.2010.
- SALVIANO, C. F.; Alves A. M.; Stefanuto G. N.; Maintinguer S. T.; Mattos C. V.; Zeitoum C., *An ISO/IEC 15504 Conformance Model for Software Technological Development and Innovation*, in Proc. of SPICE 2014, CCIS 47, A. Mitasiunas et al. (Eds.): SPICE 2014, CCIS 477, pp. 48–59, Springer International Publishing Switzerland 2014.
- SEI - Software Engineering Institute, *CMMI® for Development, CMMI-DEV, Version 1.3*, Technical Report CMU/SEI-2010-TR-033 and ESC-TR-2010-033, 482 pages, November 2010.
- UNTERKALMSTEINER, M., Gorschek, T., Islam, A. K. M. M., Chow K. Cheng, Rahadian B. Permadi, and Robert Feldt. “Evaluation and Measurement of Software Process Improvement - A Systematic Literature Review.” *IEEE Transactions On Software Engineering*, pp. 1-29, 2011.
- WOMACK, James, *The Machine that Changed the World*, ISBN 0743299795, 2007.

# Impacto de Iniciativas Lean nas Etapas de Preparação e Montagem na Indústria de Petróleo

---

*Raphael Pereira Scudino Borges*<sup>52</sup>, *Jessika Nascimento Gil de Moura*<sup>53</sup>, *Robisom Damasceno Calado*<sup>54</sup> e *Daniel Carelli*<sup>55</sup>

Schlumberger Serviços de Petróleo, Macaé, Rio de Janeiro, Brasil

Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brasil

## 1. Introdução

Uma breve análise do gráfico de preço do barril de petróleo Brent ao longo dos últimos doze anos seria o suficiente para concluir que a indústria petrolífera mundial já passou por momentos mais prósperos. Em um curto intervalo de um ano e meio o preço da *commoditie* despencou de 100 USD para um valor abaixo de 30 USD por barril e desde então vem se recuperando de forma bastante tímida. De acordo com o Fórum Mundial de Economia, esta crise foi a pior das últimas três décadas para o setor (WEF, 2018).

A empresa de consultoria McKinsey (2016) afirma que enquanto os preços permanecerem baixos, a indústria deverá repensar a maneira que opera, focando em custo, eficiência e velocidade. Portanto, para manter a competitividade e, por consequência, sua prosperidade sustentada, as empresas vão precisar revistar suas operações e processos tendo em mente os três pilares mencionados (Porter, 1999). Para isto, será preciso determinar quais as técnicas que melhor se adequam a este propósito.

Mishra & Sharma (2014) dizem que as empresas devem melhorar seus processos de maneira contínua para conseguirem sobreviver. Para atender os obje-

---

52 E-mail do Autor Correspondente: scudino6416@yahoo.com.br

53 E-mail do Autor Correspondente: jessikamoura@gmail.com

54 E-mail do Autor Correspondente: robisomcalado@id.uff.br

55 E-mail do Autor Correspondente: danielcarelli@gmail.com

tivos mencionados acima, muitas empresas estão fazendo uso das técnicas Lean, já que de acordo com Womack (1990) desta maneira é possível utilizar metade dos recursos (mão de obra, estoque, tempo, etc) para alcançar um resultado com menos defeitos e maior variedade se comparado com os da produção em massa.

No Brasil, com as descobertas do pré-sal, intensificou-se a necessidade de realizar operações para avaliar se tais reservatórios são lucrativos e estimar qual a melhor estratégia de produção deve ser adotada para os mesmos. A esta tarefa se dá o nome de avaliação de formação, que tem como característica ser uma operação custosa, complexa, demorada, que exige grande quantidade de mão de obra especializada e aproximadamente 200 ton de equipamentos de grande porte (tanques, tubulações, queimadores, etc) e por consequência tem alto risco para a segurança dos envolvidos durante a sua montagem e preparação.

Devido ao momento atravessado pela indústria, os prestadores deste tipo de serviço vêm sofrendo grande pressão mercadológica dos proprietários dos reservatórios. Por isso, a implementação de iniciativas para aumento de eficiência não poderia mais ser postergada. Apesar do conteúdo aqui ilustrado ter foco em uma planta temporária de produção de petróleo que tem a finalidade de avaliar um reservatório de petróleo, tais práticas podem ser aplicadas a qualquer processo de montagem de qualquer indústria, principalmente aquelas em que o custo de mão de obra é caro e cada segundo perdido pode ter consequências irreparáveis, como no ramo da saúde. Portanto, o objetivo deste artigo é compartilhar com os leitores as práticas *Lean* adotadas e ao final quantificar o impacto das mesmas para permitir que através das experiências descritas, os leitores sejam capazes de estimar o custo-benefício da aplicação destas iniciativas em seus respectivos ambientes de trabalho.

## 2. Referencial Teórico

A seguir serão apresentadas fundamentação teórica das ferramentas e abordagens utilizadas na prática para implantação de melhorias em uma planta temporária de produção de petróleo.

### 2.1 Lean Thinking

Lean é uma abordagem para identificação e eliminação sistemática de desperdícios associados a processos e serviços por meio da melhoria contínua (Nash et al., 2006; Radnor, 2011) que traz para os gestores um conjunto de ferramentas destinadas a eliminar o desperdício, otimizar o fluxo de trabalho e reduzir custos (de Koning et al., 2006). Dentre elas é possível citar 5S, Kaizen, Kanban, produção puxada, SMED e Value Stream Mapping (Worley e Doolen, 2006).

Desperdício em Lean é qualquer coisa no processo que não agrega valor ao cliente, mas incorre em custos (Foster, 2007). Hines e Taylor (2000) identificaram sete formas de desperdício: excesso de produção, inventário, movimentação, transporte, processamento inadequado, defeitos e espera. A fim de com-

bater os desperdícios de maneira eficiente e eficaz, o ambiente Lean empodera os funcionários de todas as áreas envolvidos no fluxo de valor para que sugiram e façam melhorias contínuas nas áreas de trabalho, processos e serviços e para que identifiquem os problemas ou desperdícios associados ao sistema a fim de eliminá-los (Hemmant, 2005; Worley & Doolen, 2006). Para isto, os funcionários precisam receber treinamento e desenvolver as habilidades necessárias para tomar decisões operacionais e de ajustes em seu próprio trabalho (Fullerton e McWatters, 2002).

## 2.2 Técnicas e Ferramentas para Atividade Lean

*Poka-Yoke* – O desenvolvimento deste conceito é atribuído ao japonês Shigeo Shingo. De acordo com as literaturas pesquisadas ele é capaz de evitar defeitos de fabricação, promover a segurança no trabalho, evitar danos ao maquinário e melhorar significativamente a produtividade das organizações. As técnicas *poka-yoke* garantem que as condições certas existam para fazer uma boa montagem, antes que o processo seja realmente executado. Dentre estas técnicas podemos listar algumas tais como a instalação de moldes ou sensores para eliminar condições que podem levar a erros e modificação ou instalação de dispositivos para reforçar os procedimentos corretos de montagem (popularmente conhecidos como “a prova de erros”) (Manivannan, 2007).

SMED (*Single Minute Exchange of Die*) – inicialmente elaborada por Taiichi Ohno e, mais tarde, consolidada por Shigeo Shingo, é uma das ferramentas Lean (Alves & Tenera, 2009) que é usada para reduzir o tempo de *setup* (preparação de máquinas, equipamentos e linhas de produção) (Desai & Warkhedkar, 2011; Shingo, 1985). Isto é conseguido através da otimização do processo de reconfiguração das ferramentas e dispositivos de fixação de materiais. Um primeiro passo para o SMED é a definição de processos detalhados, de forma a permitir que todos os indivíduos saibam de maneira precisa quais tarefas precisam executar e todos os recursos necessários estejam juntos e disponíveis. (Almomani, 2013)

5S – filosofia desenvolvida no Japão e introduzida de maneira formal no final da década de 1960, teve sua principal estrutura proposta por Osada (1991) e Hirano (1995) durante 1989-1991. É uma metodologia para desenhar e implementar um ambiente de trabalho de qualidade e organizado. O acrônimo 5S faz referência a cinco palavras em japonês: Seiri (eliminação do desnecessário), Seiton (organização), Seiso (limpeza), Seiketsu (padronização e arrumação) e Shitsuke (disciplina) (Osada, 1989, 1991).

Hirano (1995) proclama que as etapas 5S são projetadas para melhorar a eficiência, fortalecer o desempenho e proporcionar melhoria contínua em praticamente todos os segmentos da organização. Patten (2006) enfatiza que o 5S é muito mais que limpeza e organização, é uma filosofia para reformular o local de trabalho e fornecer alicerces para melhorias contínuas e significativas neste

espaço. Desta forma visa alterar a percepção dos funcionários em relação ao seu trabalho, pois um local de trabalho bem organizado motiva e agrada a todos os funcionários da organização, já que oferece um ambiente de produção seguro e eficiente, aumentando a moral dos funcionários e promovendo o sentimento de orgulho no trabalho (Randhawa and Ahuja, 2017).

Trabalho Padronizado - Uma descrição precisa de cada atividade de trabalho especificando o tempo de ciclo (cycle time), o tempo de entrega (takt time), a sequência de trabalho de tarefas específicas e o inventário mínimo de peças necessárias para realizar a atividade.

Linker (2005) cita que é impossível melhorar qualquer processo antes que ele seja padronizado. Se o processo muda daqui para ali, então qualquer melhoria será apenas mais uma variação que ocasionalmente é utilizada e quase sempre ignorada. Deve-se padronizar e, assim, estabilizar o processo antes que o aperfeiçoamento contínuo possa ser efetuado.

### 3. Método

A revisão de literatura indica que é uma necessidade vital fazer uso de um método para a implementação de técnicas Lean. Portanto, neste trabalho será utilizado o método proposto por Karim e Arif-Uz-Zaman (2013), já que ele é um método claro e sistemático para a implementação de técnicas Lean.

Hayes (2000) diz que iniciativas corporativas de sucesso tal como Lean, devem ser planejadas antes de sua implementação. Em linha com esta afirmação, tal método se inicia detalhando o produto ou o processo em questão e em seguida passa para a seleção do time que será responsável pela implementação do projeto. Estas pessoas terão como principal objetivo conseguir garantir os recursos necessários para dar seguimento ao projeto.

Contudo, o estudo de Achanga et al (2006) aponta que o fator mais importante para sucesso da implementação do Lean é o comprometimento e liderança da gerência, seguido de perto do apoio financeiro como é possível observar na figura 1. Diversos outros autores também concordam da grande relevância de uma participação gerencial ativa (Womack and Jones, 1996; Worley and Doolen, 2006; Boyer and Sovilla, 2003) e por isto, antes de continuar qualquer projeto é importante ter de maneira evidente seu apoio.

Uma vez realizada a seleção dos responsáveis, deve-se estipular quais são os objetivos a serem alcançados para então definir as modificações que serão implementadas. Isto passa pela seleção de quais ferramentas Lean serão utilizadas e não se deve esquecer que nesta etapa a tarefa mais relevante é reduzir desperdícios, sejam eles de qualquer forma. É importante salientar que a redução de determinada atividade e/ou objeto que não agregue valor não deve incorrer em consequente aumento de outro tipo de desperdício.

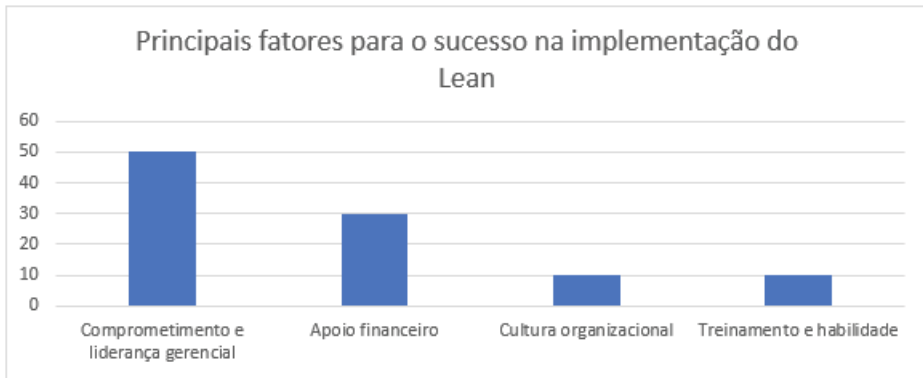


Figura 1: Principais fatores para o sucesso na implementação do Lean

Fonte: Adaptado de Achanga et al (2006)

## 4. Estudo de Caso

O caso selecionado para exemplificar a utilização das técnicas Lean mencionadas ao longo da fundamentação teórica se baseia no serviço de avaliação de reservatórios de petróleo, o qual necessita de muitos recursos para ser executado. Em média uma montagem com oito colaboradores divididos em dois turnos leva sete dias, considerando que são necessários quinze equipamentos de grande porte que aproximadamente pesam 200ton. no total e ocupam 250 m2 de área.

Além da dificuldade intrínseca de se trabalhar com uma grande quantidade de equipamentos pesados, alguns fatores relevantes podem ser citados como complicadores, como o fato de 90% das plataformas de petróleo que estão em operação no Brasil serem marítimas (IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo, 2019). Este tipo de ambiente tem desafios e limitações extras se comparado a um trabalho em terra, já que no mar há a baixa disponibilidade de espaço físico para a disposição dos equipamentos, a necessidade de boa distribuição de peso ao longo do convés, um reduzido número de vagas para colaboradores a bordo, cronograma sempre desafiador devido aos altos valores de diária para este tipo de embarcação e escassez logística tanto pela quantidade de modais envolvidos quanto pelo custo representado por cada viagem.

Outro fator complicador se dá tanto devido à natureza do trabalho, quanto pela capacidade de customização da planta que os equipamentos em questão oferecem. Como cada poço vai possuir uma característica de fluidos, um objetivo específico e cada cliente vai ter uma estratégia particular para atender tais objetivos, a planta era montada de forma a melhor se adequar as necessidades do cliente, o que tornava a tarefa de planejamento de mobilização dos recursos necessários para a execução do trabalho mais desafiadora. A consequência de um erro nesta etapa ocasionaria a falta de algum dos itens necessários a bordo, o que causaria não apenas o retardo da montagem, mas também acarretaria em



retrabalho da equipe de suporte em terra e necessidade de gastos extras com transporte. Outro complicador que esta maleabilidade gera é que por muitas vezes o desenho da planta focava em sua operacionalidade em detrimento a um ambiente de trabalho seguro para a locomoção dos colaboradores, aumentando assim o risco de acidentes de trabalho.

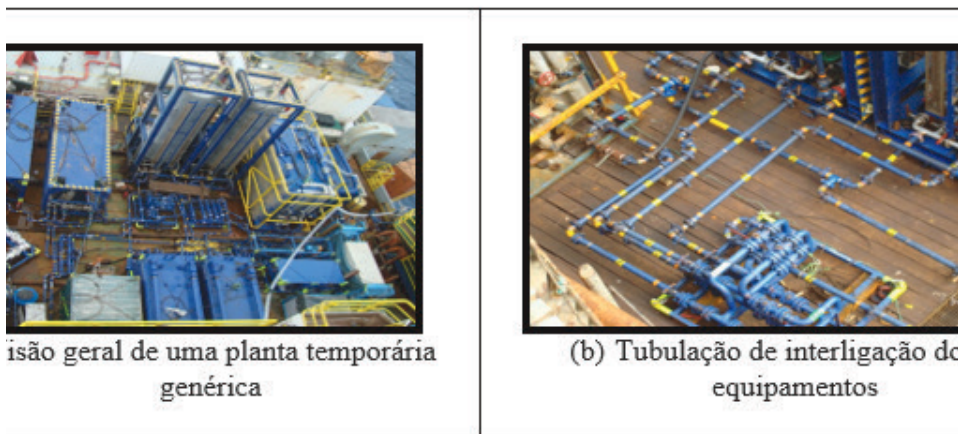


Figura 2: Layout convencional para teste de reservatório

Fonte: Autoria própria

As dificuldades listadas são suficientes para dimensionar que tal tarefa necessita de um alto grau de planejamento e devido as limitações logísticas, qualquer falha nesta etapa levará um longo tempo para ser resolvida e será onerosa. Tais problemas não se restringiram ao campo da imaginação e foram registrados alguns incidentes em que plataformas marítimas necessitaram aguardar a finalização da montagem da planta para dar prosseguimento as operações, acarretando em apenas um dos casos um custo adicional de aproximadamente US\$ 2MM (dois milhões de dólares) ao cliente.

A reincidência de eventos de paralização das atividades e a consequente possibilidade de receber multas, perder participação de mercado e ter sua reputação arranhada, levaram a gerência da empresa prestadora de serviço a recorrer as ferramentas Lean com o objetivo de padronizar a atividade em questão, eliminar os desperdícios, melhorar a segurança operacional e, aumentar a eficiência/ produtividade durante a montagem, maximizando assim o valor para a empresa e seus clientes.

Tendo o serviço já detalhado e o engajamento da gerência garantido, passou-se para a etapa de seleção do time, buscando-se a maior interdisciplinar possível. Foram selecionadas pessoas com envolvimento direto no processo de preparação dos equipamentos na base, montagem da planta nas plataformas e outras com envolvimento indireto, como pessoas do departamento de vendas e suporte ao cliente, cada uma com características distintas, tornando a equipe o mais completa e diversificada possível.

Esta equipe se incumbiu de avaliar tanto os dados históricos relacionados com os desvios no planejamento e execução do processo, quanto os dados na execução das montagens para a realização de uma análise que descreve detalhadamente os processos atuais utilizados, as limitações, os pontos de melhoria e os desafios. Um processo conceitual da operação atual de montagem da planta temporária foi criado, refinado e validado pelos envolvidos no projeto.

Após o mapeamento da situação atual, foi realizado um *brainstorm*, para reunir as ideias, estabelecer as estratégias, definir claramente as atividades que agregam valor ao processo e aos clientes. Os pontos de melhoria foram destacados e através deles foram selecionadas quatro ferramentas Lean que melhor se aplicariam: trabalho padronizado, Poka-Yoke, 5S e SMED.

A padronização do trabalho é uma iniciativa que potencializa os impactos da melhoria contínua do processo, pois como a montagem passa a ser semelhante em todas as operações, os erros e falhas podem ser investigados e as ações corretivas são aplicáveis nos serviços futuros. Além disto, sem a variação de outrora, pode-se treinar os colaboradores envolvidos no processo para estes saberem o que precisam fazer em cada etapa e assim aumentarem a produtividade operacional. Para implementar uma padronização sem ferir a flexibilidade operacional que era característica marcante, se utilizou Pareto (regra 80/20%) para determinar quais são os cenários mais frequentes e desta forma desenhar uma planta que atendesse a eles.

A planta temporária possui equipamentos de grande porte e peso, em que a distribuição do peso no convés da plataforma marítima não era realizada de forma correta. Além disto, também existia uma grande customização nas montagens das plantas, onde os colaboradores tinham a autonomia para em conjunto com os clientes, definirem a melhor disposição dos equipamentos. Com a aplicação do *Poka-Yoke* foram criados módulos compactos para posicionamento dos equipamentos de grande porte, de forma a garantir uma boa distribuição de peso, além de padronizar a disposição e montagem dos equipamentos, conforme o design de projeto. Através do *Poka-Yoke*, a planta se tornou padronizada evitando assim, os erros de montagem, além proporcionar uma considerável redução do tempo de montagem.

Adicionalmente, uma prática de gestão bastante utilizada, de simples aplicação e que costuma aperfeiçoar aspectos como organização, limpeza e padronização é o 5S. A criação dos módulos compactos para o posicionamento dos equipamentos, também proporcionou a redução considerável da utilização de tubulação para a interligação dos mesmos. Trazendo como consequência a diminuição do risco de acidente durante a locomoção dos colaboradores na planta, já que muitas das linhas que a cruzavam foram eliminadas. Com a padronização do arranjo ainda foi possível eliminar o desperdício, já que foi possível enumerar os itens necessários para a montagem da planta e na fase de preparação do trabalho somente o essencial era embarcado, proporcionando a redução de custos com transporte e alocação desnecessária de recursos.

E finalmente, a aplicação do SMED proporcionou o mapeamento de todos os itens e acessórios necessários para a execução das atividades de montagem da planta temporária (tubos, curvas, ferramentas, graxa, manômetros, tanques, etc). Foram criados *checklists* para a preparação de mobilização dos equipamentos e seus respectivos acessórios, onde foram listados todos os itens necessários, isto trouxe como benefício uma redução da solicitação de envio de material extra durante a montagem a bordo. Ainda foi elaborado um procedimento de montagem da planta compacta que propiciou maior agilidade nas atividades relacionadas.

## 5. Resultados

Com a implementação das ferramentas Lean, menos tempo foi gasto em atividades que não agregavam valor ao processo, acarretando assim a redução da necessidade de mão de obra, das horas necessárias para a execução das atividades e permitindo o aprimoramento da qualidade na execução dos processos, redução dos custos e aumento da produtividade operacional.

Exemplo bastante marcante do impacto causado pela implementação das melhorias foi a diferença no tempo levado para a preparação dos equipamentos na base, tarefa que antecede a execução da montagem da planta temporária. Antes da aplicação das ferramentas Lean, era necessário em média 10 dias e após a introdução de listas de checagem (SMED) foi possível reduzir a execução desta tarefa para 5 dias, obtendo uma redução de 50% do tempo gasto. No que tange a produtividade, foi observado um incremento de 73% na eficiência operacional e conseqüentemente a redução do custo relacionado com o processo.

Depois que as melhorias no processo foram introduzidas, além da redução do tempo de preparação, o processo de montagem da planta temporária também foi otimizado, com a contração da utilização da mão de obra em 25%, antes eram necessários 8 colaboradores e após a aplicação foram necessárias 6 pessoas para terminar a tarefa no mesmo espaço de tempo.

A partir da otimização do espaço físico, foi possível a redução da utilização do espaço físico do convés em 40%, já que previamente a aplicação do Lean eram necessários 250 m<sup>2</sup> de área e posteriormente apenas 150 m<sup>2</sup>. Essa redução, possibilitou a realização de atividades que até então eram consideradas concorrentes ao processo de montagem da planta.

Já sobre a ocorrência de desvios relacionados com acidentes pessoais, os mesmos foram reduzidos em 85%, o que evidencia e torna inquestionável a contribuição da aplicação das ferramentas Lean não só qualidade do processo, mas também na segurança operacional. As imagens da figura 3 tornam nítido a dimensão da melhoria que esta iniciativa causou no processo de montagem da planta temporária.



Figura 3: Antes e depois da aplicação do Lean

Fonte: Autoria própria

## 6. Conclusão

É possível notar que a metodologia Lean traz muitas vantagens quando aplicada rigorosamente. Com a implementação das técnicas Lean mencionadas ao longo do estudo, foi possível impactar de forma significativa o processo de montagem da planta temporária de avaliação de formação, com resultados que não apenas reduziram custos para empresa prestadora de serviço, mas também agregaram valor adicional ao cliente, tornando o serviço mais diferenciado e assim aumentando as receitas da empresa.

Contudo é importante salientar alguns pré-requisitos para que o projeto tenha sucesso. No caso em questão abordamos a importância de uma gerência engajada e que dê suporte financeiro, além da necessidade de haver um método bem definido antes de iniciar a aplicação. Um time interdisciplinar também foi visto como um fator importante para o sucesso, além do fato das pessoas envolvidas terem sido treinadas em Lean.

No que diz respeito as ferramentas Lean, é possível afirmar que algumas delas tais como padronização de trabalho e 5S possuem aplicação satisfatória em quase qualquer caso. Contudo é importante a presença de pessoal treinado no time para conseguir customizar a solução com ferramentas menos versáteis para desta forma atingir resultados mais expressivos.

## Referências

- ACHANGA, P., Shehab, E., Roy, R., & Nelder, G. (2006). Critical success factors for lean implementation within SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(4), 460–471. doi:10.1108/17410380610662889
- ALMOMANI, M. A., Aladeemy, M., Abdelhadi, A., & Mumani, A. (2013). A proposed approach for setup time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques. *Computers & Industrial Engineering*, 66(2), 461–469. doi:10.1016/j.cie.2013.07.011
- FOSTER, S., 2007, *Managing quality: Integrating the supply chain*, Pearson Prentice HALL, New Jersey.
- FOSTER, S., 2007, *Managing quality: Integrating the supply chain*, Pearson Prentice HALL, New Jersey.
- DE KONING, H., Verver, J. P. S., van den Heuvel, J., Bisgaard, S., & Does, R. J. M. M. (2006). Lean Six Sigma in Healthcare. *Journal of Healthcare Quality*, 28(2), 4-11.
- FOSTER, S. (2007). *Managing quality: Integrating the supply chain*, Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- FULLERTON, R; McWatters, C. (2002). The role of performance measures and incentive systems in relation to the degree of JIT implementation. *Accounting, Organizations and Society*, v.27, p.711-735.
- HEMMANT, R.J. (2005). Customer Value through Employee Satisfaction, *Circuits Assembly*, 16(3), 30.
- KARIM, A., & Arif-Uz-Zaman, K. (2013). A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. *Business Process Management Journal*, 19(1), 169–196. doi:10.1108/14637151311294912
- LIKER, J. K. (2005). *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Tradução de Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman.
- MANIVANNAN, S. (2007). Improve productivity with Poka-Yoke. *Assembly*, v 50, n 3 I, p 34-38.
- MCKINSEY. McKinsey & Company. The oil and gas organization of the future. Disponível em: < <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-oil-and-gas-organization-of-the-future>>. Acesso em: 01 de maio de 2018.
- MISHRA, P; Sharma, R. K. (2014). A hybrid framework based on SIPOC and Six Sigma DMAIC for improving process dimensions in supply chain network. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v.31, n. 5, p. 522-546.

- NASH, M., Poling, S. R., & Ward, S. (2006). Using Lean for faster Six Sigma results: A synchronized approach. New York: Productivity Press.
- OHNO, Taiichi (1997). O Sistema Toyota de Produção Além Da Produção. Bookman.
- RADNOR, Z. (2011) 'Implementing Lean in Health Care: Making the link between the approach, readiness and sustainability', International Journal of Industrial Engineering and Management, 2(1), pp. 1-12.
- RANDHAWA, J. S., & Ahuja, I. S. (2017). 5S – a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions. International Journal of Quality & Reliability Management, 34(3), 334–361. doi:10.1108/ijqrm-03-2015-0045
- WEF. World Economic Forum. How can the oil industry cut costs? Disponível em <<https://www.weforum.org/agenda/2016/02/how-can-the-oil-industry-cut-costs>>. Acesso em: 01 de maio de 2018.
- WESTERN Texas Intermediate [Internet]. Crude Oil Prices – 70 Years Historical Chart; atualizada em 12 de janeiro 2018. Acessado em 14 janeiro de 2018. Disponível em: <http://www.macrotrends.net/1369/crude-oil-price-history-chart>.
- WOMACK, J., Jones, D. and Roos, D. (1990) The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production, Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry. Free Press, New York.
- WORLEY, J. M.; Doolen, T. L. (2006). The role of communication and management support in a lean manufacturing implementation. Management Decision, v. 44, n. 2, p. 228-245.

# Aplicação de Lean no Processo de Transferência de Pacientes Oncológicos entre Unidades Hospitalares e na Readequação do Fluxo de Faturamento para o Setor de Oncologia

---

*Stela Maris Coelho, Ana Cristina Miyazaki da Conceição<sup>56</sup>, Susilei Aparecida Ferreira de Alvarenga<sup>57</sup>*

Instituto de Oncologia do Vale (IOV), São José dos Campos, São Paulo, Brasil

## 1. Introdução

A Filosofia Lean cada vez mais vem sendo utilizada para melhorar sistemas de gerenciamento na área da saúde. Se bem aplicada em fluxos assistenciais, é possível melhorar a qualidade e a eficiência e, ao mesmo tempo, controlar os custos através da criação de fluxos de valor. Fluxo de valor consiste em todas as atividades ou processos necessários para fornecer cuidados que atendam as necessidades do paciente (1). Muitos esforços têm sido empreendidos com o intuito de desenvolver uma maior capacidade na criação de valor nas atividades de prestação de serviços de saúde para a população. Ao considerar o contexto da administração hospitalar, a discussão acerca de regras e processos, bem como a identificação de atores e papéis necessários, a coprodução de valor, alcança relevância e tempestividade. Tal contexto se configura sob o fato de que ao se tornarem complexos e com maior impacto potencial, os processos nas instituições de saúde foram também acrescidos de riscos e de custos cada vez mais significativos. Um exemplo disso são os tratamentos bastantes resolutivos para doenças como o câncer, que antes eram tratadas de forma paliativa e com baixa

---

56 E-mail do Autor Correspondente: [ana.conceicao@iov.com.br](mailto:ana.conceicao@iov.com.br)

57 E-mail do Autor Correspondente: [susi.alavenga@iov.med.br](mailto:susi.alavenga@iov.med.br)

complexidade técnica e atualmente contam com tratamentos muitas vezes curativos, de alta complexidade (2).

Visando melhorar a qualidade da assistência a pacientes oncológicos no município de São José dos Campos surgiu a necessidade de criar um fluxo unificado onde o paciente pudesse receber todo o cuidado necessário no decorrer do tratamento. Para que esse processo de mudança fosse possível, foi necessário uma adequação por parte dos serviços de saúde, principalmente na Instituição B, para que ela pudesse atender a nova demanda instalada e acompanhar a transformação, partindo do princípio que, daquele momento em diante, a instituição B se tornaria a referência em tratamento oncológico para pacientes do SUS no município. Com esse propósito de pensamento, iniciamos o projeto de transferência dos pacientes da Instituição A para a B. Como consequência do aumento da demanda observado, houve a necessidade de readequação do fluxo de faturamento.

## **2. Método e Implementação**

### **2.1 A Transferência**

Para iniciar o processo de transferência fomos ao Gemba na Instituição A, para conhecermos a demanda que seria transferida para a Instituição B. Em essência, o “gemba” reflete uma filosofia de empirismo – vá ao “gemba” para descobrir a verdade (3).

Gemba é o lugar onde se cria valor. Em um hospital, onde se valorizam os cuidados com o paciente acima de tudo, o gemba está nas salas de cirurgia e em cada leito (4).

No Gemba realizado no setor de ambulatório foi possível avaliar três famílias de produtos, ou seja, três fluxos de pacientes para iniciarmos o planejamento de transferência: pacientes em tratamento de quimioterapia injetável (endovenosa, intramuscular, subcutânea ou intravesical), pacientes em tratamento oral (hormonioterapia ou quimioterapia) e pacientes sem tratamento, ou seja, somente em seguimento oncológico. O objetivo era transferir 100% dos pacientes e garantir que eles não tivessem o tratamento comprometido ou o seguimento perdido. Para que o objetivo fosse alcançado, elaboramos uma Análise de Pareto e identificamos que o maior volume de atendimento correspondia a família de produto de seguimento conforme o gráfico 01.



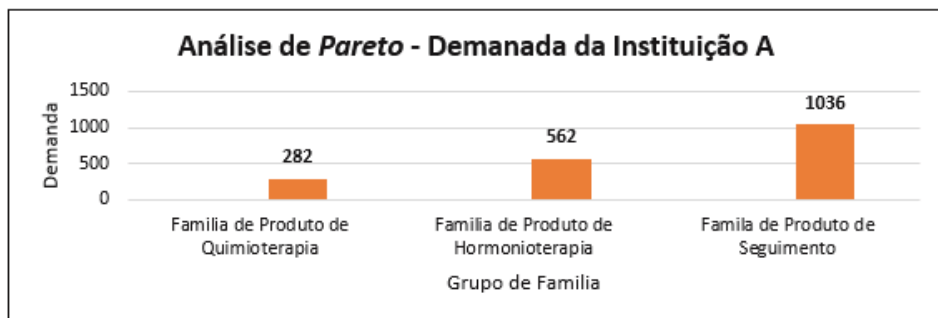


Gráfico 01 – Análise de Pareto da demanda de pacientes atendidos na Instituição A

Gráfico 01 – Análise de Pareto da demanda de pacientes atendidos na Instituição A

Princípio de Pareto: Chamado de 80/20, afirma que para muitos fenômenos, 80% das consequências advém de 20% das causas (5).

Após análise do gráfico de Pareto a primeira família de produto a ser transferida foi a de pacientes em seguimento oncológico, pois não somente apresentava o maior volume de pacientes, como também por serem pacientes fora de tratamento, demandavam menos recursos. Seguiu-se a transferência da família de produto de quimioterapia endovenosa para pacientes de alta complexidade (ECOG III e IV). Na sequência, o restante da família de quimioterapia e, por último, a família de produto de medicação oral.

Para a família de produto de seguimento foi estabelecido um fluxo dedicado de atendimento. Para tanto, foi necessário iniciar um fluxo de “supermercado de prontuários” cujo objetivo era identificar os CIDs e criar um ambulatório de seguimento por patologia visando otimizar os atendimentos de uma forma geral. A medida que promovemos a melhora em um fluxo, por exemplo, criando uma linha dedicada de tratamento, os outros fluxos também se beneficiam, pois compartilham dos mesmos recursos.

Supermercado é o local onde um estoque padrão é mantido próximo ao ponto de uso e permite a eliminação de uma quantidade enorme de movimentação desnecessária das pessoas dentro de um serviço (5).

Para desenvolver o supermercado foi necessária a padronização dos documentos que seriam utilizados para o processo de transferência. Foram eles: encaminhamento (conforme o CID), autorização de transferência do prontuário, termo de ciência e consentimento da transferência, esses seriam utilizados para todas as famílias de produto. Também foi padronizado quais exames o paciente deveria levar para a consulta na Instituição B (exame de laboratório e/ou imagem). O pedido destes foi colocado à disposição do médico em um *kit* para ser utilizado no dia da consulta. Sendo assim, foi padronizado o supermercado de prontuários e a disponibilização do *kit* de encaminhamento para as consultas do ambulatório de seguimento/transferência, ficando assim desenhado:

- ✓ Chegada do paciente 01;
- ✓ Separação do prontuário e ficha de atendimento;
- ✓ Consulta (enquanto está acontecendo o paciente 02, já ficava em espera próximo ao consultório, assim que o paciente 01 era liberado pelo médico o próximo já entrava para atendimento de consulta);
- ✓ Para a saída do paciente, era entregue para ele os documentos do *kit* de transferência e *KANBAN* de consulta com os dados do agendamento na Instituição B;
- ✓ Ao final do ambulatório os prontuários eram postos em caixas para envio à Instituição B.

*Kanban* é um dispositivo sinalizador que autoriza e dá instruções para a produção ou retirada de itens em um sistema puxado. O termo significa “sinais” ou “quadro de sinais” em japonês (6).

Para a transferência das famílias de produtos de quimioterapia EV e medicação oral, o processo aconteceu à medida que estes pacientes passavam em consulta. Facilitado pelo kit de encaminhamento, o paciente de seguimento e o fluxo de informação seguiam em conjunto durante o processo. Desta forma, atingimos o objetivo de transferir 100% dos pacientes sem comprometimento do tratamento ou perda do seguimento.

Para que a Instituição B pudesse receber a demanda da Instituição A foi necessário adequar a dispensação de medicação oral e os fluxos de atendimento tanto para o ambulatório de oncologia, quanto para sala de quimioterapia. Para o fluxo do ambulatório houve a necessidade de padronização de agenda médica conforme o fluxo de tratamento, sendo assim, definimos nivelar o atendimento dos pacientes em tratamento por períodos (ver figura 01). Pela manhã seriam atendidos pacientes em tratamento de quimioterapia e no período da tarde os pacientes que estavam em tratamento de hormonioterapia. Para os pacientes em seguimento oncológico criamos um ambulatório dedicado uma vez por semana. Quanto à chegada de pacientes “novos”, ou seja, encaminhados com diagnóstico pelas Unidades Básicas de Saúde através do órgão regulador do município, criamos um ambulatório de triagem, que resultou em agilidade no primeiro atendimento a pacientes com quadros clínicos considerados graves, e permitiu acelerar a entrada no fluxo de tratamento. Já na triagem oncológica, o paciente passou a ser direcionado ao fluxo de quimioterapia, hormonioterapia, seguimento oncológico ou radioterapia. Com isso, organizamos o fluxo de consulta de forma que não houvesse tanto impacto para absorver a demanda.

PERÍODO	2ª - FEIRA	3ª - FEIRA	4ª - FEIRA	5ª - FEIRA	6ª FEIRA
MANHÃ	MEDICO A	MEDICO A	MEDICO A	MEDICO A	MEDICO A
	MEDICO B	MEDICO B	MEDICO B	MEDICO B	MEDICO B
	MEDICO C	MEDICO C			
TARDE	MEDICO A		MEDICO A	MEDICO A	MEDICO A
	MEDICO B	REUNIÃO CLINICA	MEDICO B	MEDICO B	MEDICO B
	MEDICO C				

LEGENDA:

	Quimioterapia
	Seguimento
	Hormonioterapia
	Triagem

Figura 01 – Distribuição do Ambulatório de Oncologia – Instituição B

O fluxo de dispensação de medicação oral também necessitou de readequação, devido ao crescimento de pacientes atendidos pelo setor. Os medicamentos eram dispensados na recepção do setor de quimioterapia das 13h às 17h. Para atender a nova demanda o local de dispensação passou no mesmo espaço físico do ambulatório de oncologia e o horário de dispensação alargado para 9h às 16h, aumentando a capacidade de atendimento/dia. Além disso, os fluxos foram dedicados às suas respectivas famílias, otimizando o atendimento do setor de quimioterapia, que também necessitou de adaptações para se adequar para receber a nova demanda.

O aumento dos pacientes a serem atendidos pelo setor de quimioterapia, no primeiro momento, levou a criação de um fluxo de atendimento para medicações rápidas chamada de “sala rápida”. Neste fluxo são administradas medicações intramusculares e subcutâneas, agilizando o fluxo de atendimento destes pacientes.

Para tornar o fluxo do paciente mais seguro, não bastava apenas adequá-lo à nova demanda. Realizamos também a integração do tratamento ao cartão de consulta, ou seja, a informação da data de consulta e dia de tratamento ou da retirada da medicação oral passou a constar em um único cartão (ver figura 02). Por conseguinte, aumentamos o controle do tratamento e melhoramos a identificação do prontuário através do gerenciamento visual. O gerenciamento visual foi efetivado através de confecção e colocação de etiquetas coloridas para identificação do prontuário no fluxo do paciente em tratamento.



Figura 02 – Gerenciamento visual do fluxo de tratamento

Gerenciamento Visual é a colocação em local fácil de ver de todas as ferramentas, peças, atividades de produção e indicadores de desempenho do sistema, de modo que a situação real possa ser entendida rapidamente por todos os envolvidos (6).

## 2.2 Readequação do Fluxo de Faturamento

Após o término do processo de transferência entre as instituições A e B, pudemos observar no Gráfico 2 um aumento significativo da demanda de pacientes em tratamento. Neste momento, houve a necessidade de readequar o processo de faturamento para atender a demanda atual de produção de APAC - Autorização para Procedimentos de Alta Complexidade, e garantir que 100% dos pacientes que realizassem tratamento no mês fossem faturados.

Introduzido pelo SUS para o setor de oncologia em 1990, o sistema de faturamento de APAC consiste na autorização do procedimento ambulatorial de tratamento quimioterápico ou de radioterapia. Para cada sitio primário há um código (procedimento) correspondente e em alguns casos podem ocorrer a necessidade de introduzir ao tratamento procedimentos secundários, podemos citar como exemplo tratamentos paliativos cujo paciente necessita de procedimento complementar devido a lesões ósseas (7).

Para cada início de tratamento uma APAC será gerada, isso também ocorrerá ao longo do tratamento conforme evolução do protocolo clínico.

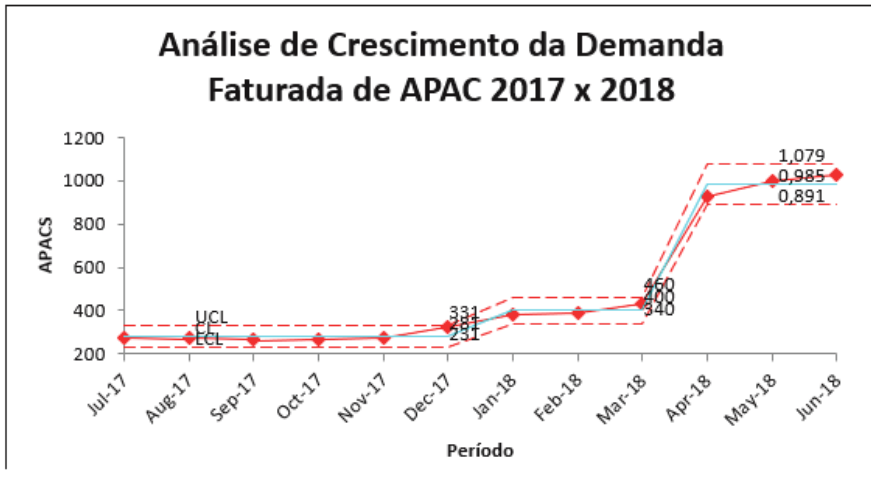


Gráfico 2 – Análise de crescimento da demanda faturada

Para entendermos a estrutura de faturamento da Instituição, desenhamos com a equipe o Mapa de Fluxo de Valor desde a entrada do paciente de primeira consulta até o processo final de faturamento de APAC.

Mapa de fluxo de valor: é um diagrama simples de todas as etapas envolvidas nos fluxos de pessoas, materiais e informações necessárias para atender os clientes, do início ao fim do processo. O mapeamento de um fluxo começa no “Gemba” com uma caminhada através do processo (5).

Observamos que o fluxo da APAC passava por várias pessoas em diferentes setores da instituição (Ver figura 03).

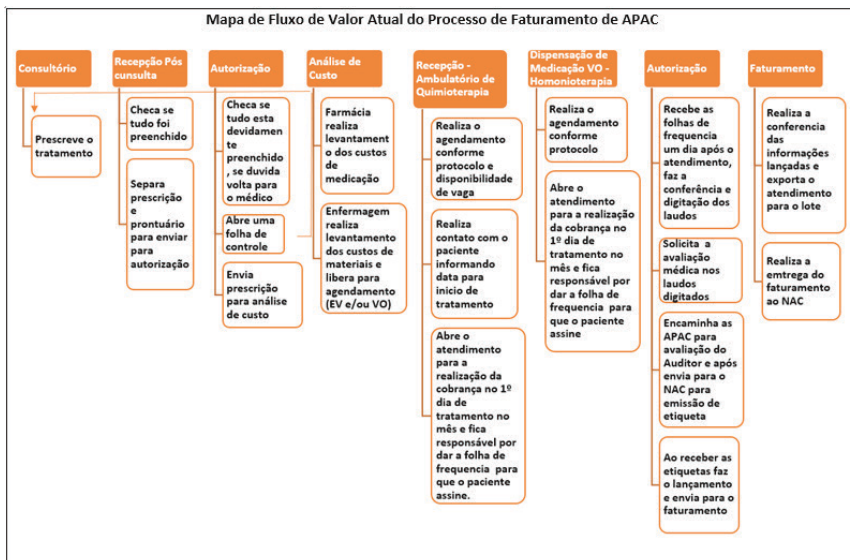


Figura 03 – Mapa de Fluxo de Valor Atual do Processo de Faturamento de APAC

O método MFV (Mapa de Fluxo de Valor) oferece a todos a oportunidade de praticar a integração da melhoria do trabalho com a execução do trabalho. O desenvolvimento do mapa força os participantes a discutirem como eles veem o fluxo de valor. Isso também os leva a buscar consenso sobre como representar suas perspectivas no mapa. Desta forma, ele torna-se uma ferramenta de alinhamento, levando todos os participantes a falar do processo e não uns dos outros (1). O desenvolvimento do Mapa de fluxo atual, indo ao Gemba, foi possível observar muita movimentação desnecessária e oportunidades de melhoria de fluxo. O processo foi bastante enriquecedor para a equipe envolvida, pois muitos não conheciam todas as etapas do fluxo e o que acarretava uma tarefa incompleta ou não executada. Foi possível também levantar problemas com o fluxo de informação e problemas estruturais relacionados ao layout da planta da instituição onde somente para movimentação da prescrição médica entre os setores envolvidos no processo, era necessário andar 47km ano (ver figura 04 Diagrama de Spaghetti).

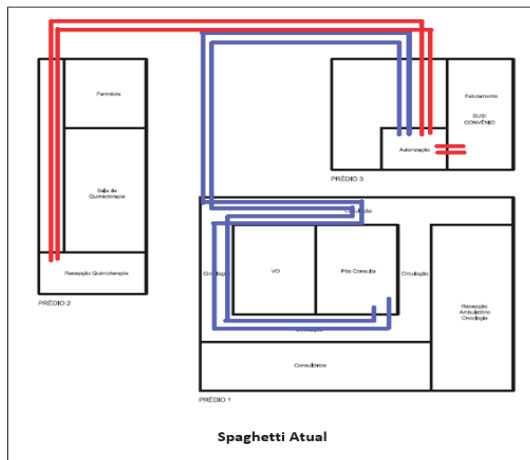


Figura 04 – Diagrama de *Spaghetti* Atual da movimentação do colaborador no transporte da prescrição médica entre setores

Diagrama de Spaghetti: Diagrama do caminho percorrido por um produto na medida em que ele é movimentado ao longo de um fluxo de valor. É assim chamado, pois, na produção em massa, a rota dos produtos comumente se parece com um prato de espaguete.

Desenvolver o mapa de fluxo de valor da situação atual nos ajudou a compreender a situação e a entender os problemas que tínhamos de tratar, sendo assim, elaboramos uma proposta de Mapa de fluxo de valor futuro como um plano a ser implementado (Ver figura 4). Neste, a maior proposta era mudar o layout do ambulatório da oncologia e agregar a ele o posto de autorização, faturamento e agendamento de quimioterapia e também padronizar os protocolos clínicos.

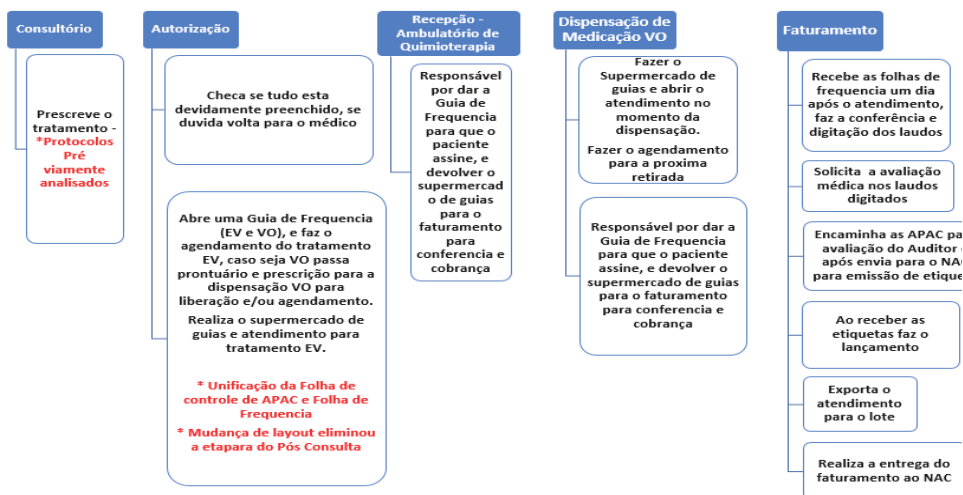


Figura 05 – Mapa de Fluxo de Valor Futuro do Processo de Faturamento de APAC

Para que isso acontecesse, era necessário eliminar os desperdícios encontrados e readequar o fluxo a atividades que agregassem valor ao mesmo. Nas organizações de saúde, a maioria das pessoas associa o desperdício com materiais e suprimentos fora do prazo de validade ou contaminados e amostras biológicas que precisam ser descartadas (1).

Desperdício: é qualquer atividade que consome recursos, mas não agrega valor para o cliente, porém existem atividades que não agregam valor para o cliente e que são inevitáveis dentro do processo (6).

Ao desenharmos o mapa de fluxo de valor atual, podemos observar alguns tipos de desperdício descritos pelo Sistema Toyota de Produção no decorrer do processo. Os desperdícios relacionados à burocracia são um grande problema. No Sistema de Saúde impactam diretamente na experiência do cuidado, aumentando o custo, reduzindo a eficiência e é frequentemente percebido pelo cliente na forma de filas, demora nos processos de autorização de procedimentos ou erros nas rotinas de agendamento (5).

Para exemplificar veja a tabela 01, onde correlacionamos o tipo de desperdício com os problemas encontrados durante mapa de fluxo de valor do estado atual.

**Tabela 01 –Desperdícios encontrados no processo durante a execução do mapa de fluxo de valor atual**

<b>Desperdício</b>	<b>Encontrado no MFV Atual</b>
<b>D = Defeito</b> e correção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prescrição incompleta – falta de dados para faturamento e/ou agendamento.</li> <li>• Protocolos sem padrão (fora da tabela SUS).</li> <li>• Faturamento errado.</li> <li>• Retrabalho para correção de prescrição.</li> <li>• Correção ou falta de guia de frequência.</li> </ul>
<b>S = Superprodução</b> e produção de produtos não desejados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guia de frequência gerada mensalmente (quando a mesma se refere a um documento único – Manual de Oncologia SUS).</li> </ul>
<b>E = Espera</b> tempo ocioso do paciente ou da equipe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paciente espera pelo agendamento do tratamento.</li> <li>• Paciente espera pela liberação da medicação.</li> <li>• A autorização aguarda as guias de frequência da recepção da quimioterapia e/ou dispensação VO para início de processo de faturamento.</li> <li>• Faturamento aguarda fase de produção da autorização até o término do mês para encerramento da fatura.</li> <li>• Espera da resposta de serviços terceiros para finalização do faturamento.</li> </ul>
<b>T = Transporte</b> realocação de pacientes, equipamentos e suprimentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pacientes transportando prontuário médico do consultório para recepção.</li> <li>• Paciente transportando prescrição médica até recepção do setor de quimioterapia.</li> </ul>
<b>M = Movimento</b> movimento de funcionário	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O <i>Layout</i> causa movimentos desnecessários para obter informações.</li> </ul>

Com a proposta de implementação do mapa de fluxo de valor futuro, através da mudança de layout tornamos o processo de faturamento um fluxo contínuo, no qual garantimos que todos os pacientes saiam do consultório com seu tratamento prescrito (seja inicial ou de continuidade), passem pela recepção para agendamento do retorno e para que recebam as orientações relacionadas aos exames, em seguida passem pelo posto de autorização para liberação e agendamento do seu tratamento, se VO o paciente já será direcionado ao posto de dispensação para que retire seu medicamento.



Fluxo contínuo: Produzir e movimentar um item por vez (ou um lote pequeno de itens) ao longo de uma série de etapas de processamento, continuamente, sendo que em cada etapa se realiza apenas o que é exigido pela etapa seguinte (6).

A guia de frequência antes gerada mensalmente foi unificada tornando-se um documento único onde encontramos todos os dados necessários para a digitação de APAC e controle das aplicações e/ou retiradas de medicação pelo paciente.

No processo anterior o posto de autorização não tinha o controle de quais pacientes realizariam tratamento no dia. No atual, com a guia de frequência unificada, através da realização do supermercado de guias o setor é quem fornece a demanda de guias para a sala de quimioterapia e dispensação de medicação VO, passando assim a ter maior controle sobre a demanda a ser faturada no dia seguinte.

O faturamento que antes acontecia somente após o último dia útil do mês, com algumas modificações no sistema de informação (TI), tornou-se ágil. No processo atual, 90% das guias já se encontram faturadas antes do encerramento do mês.

Também é relevante ressaltar que todos os protocolos clínicos foram padronizados, eliminando a etapa de análise de custo, anteriormente realizada pela enfermagem e farmácia.

Trabalho Padronizado ou Padrão: Estabelecimento de procedimentos precisos para o trabalho de cada um dos operadores em um processo, baseado em 3 elementos: “takt” (volume de produto ou serviço a ser entregue para atender a demanda do cliente); sequência exata do trabalho em que um operador realiza suas tarefas dentro desse “takt”; e estoque padrão dos itens necessários para a atividade.

Tornar o faturamento um fluxo contínuo, possibilitou que 90% do processo ocorresse em tempo real, pois as etapas em que ainda há espera acontecem por processos de terceiros.

### **3. Resultados**

Como resultado das melhorias propostas para o ambulatório de seguimento na instituição A (ver gráfico 03), obtivemos um aumento da capacidade de atendimento de 15 pacientes/dia para 45 pacientes/dia, reduzindo o tempo de espera de 90 minutos para 20 minutos.

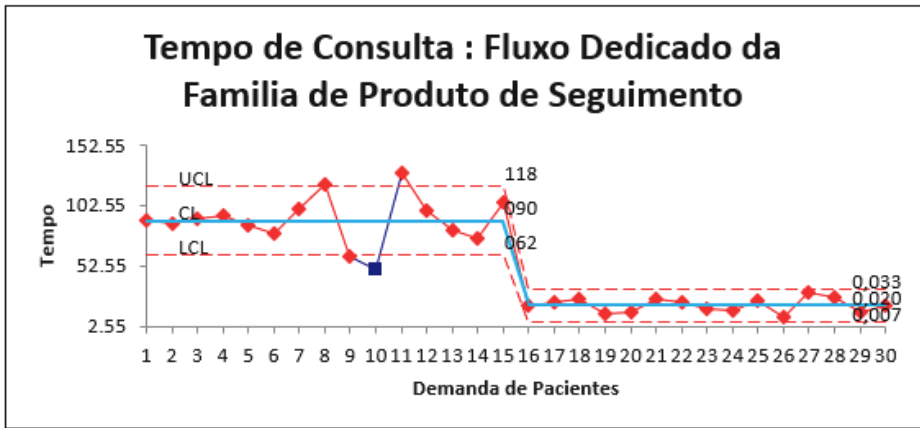


Gráfico 03 – Resultado do fluxo dedicado para atendimento da família de produto de seguimento

Gráfico 03 – Resultado do fluxo dedicado para atendimento da família de produto de seguimento

Através da readequação do layout, transferindo o faturamento para o ambulatório obtivemos como resultado conforme proposto no Mapa de Fluxo de Valor Futuro: redução de movimento de 47km/ano para zero. A mudança integrou os postos de trabalho e foi assim possível atingir um fluxo de faturamento contínuo.

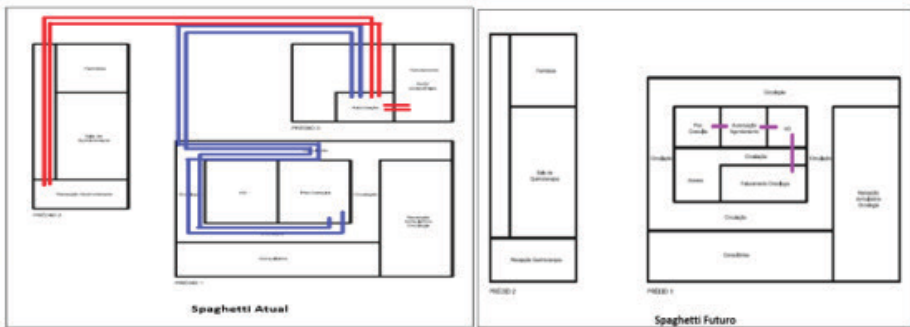


Figura 06 – Diagrama de *Spaghetti* atual e Futuro da movimentação do colaborador.

Na implantação do fluxo contínuo de faturamento conseguimos reduzir o número de recurso humano de 3 para 2, apesar de manter um crescimento constante do número de produção de APAC (ver gráfico 04). O terceiro colaborador foi realocado para o faturamento de convênio.

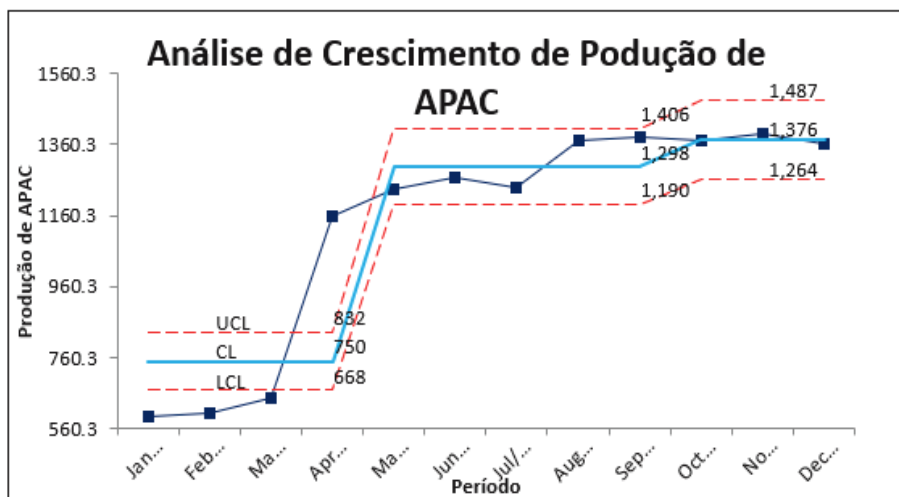


Gráfico 04 – Análise de crescimento de produção de APAC

Alinhando os processos e eliminando os desperdícios obtivemos redução de hora extra em cerca de 40% (ver gráfico 05).

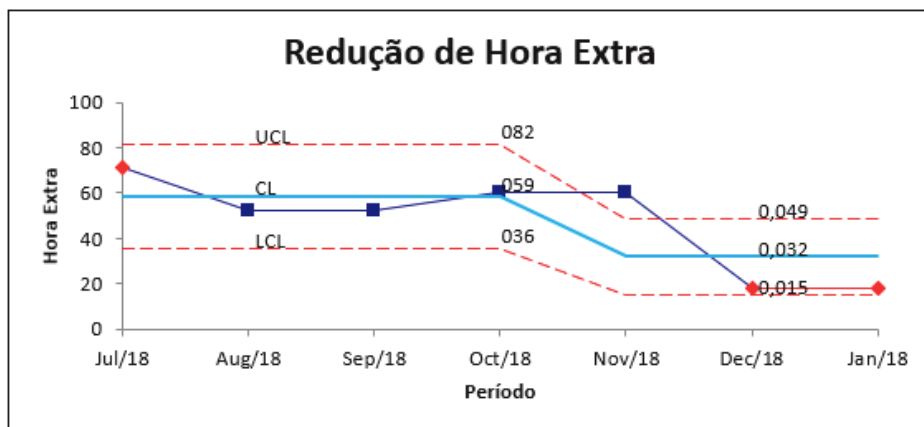


Gráfico 05 – Redução de hora extra

## 4. Conclusão

O desenvolvimento da filosofia lean foi fundamental no processo de transição e readequação do faturamento. A padronização e a unificação do setor de oncologia possibilitaram estabilizar os processos e assim, conseguimos tornar o fluxo de atendimento dos pacientes oncológicos centralizado em uma única organização, oferecendo a eles todo suporte necessário ao longo do tratamento, levando em consideração o cuidado integrado oferecido ao paciente, a eficiência reduzindo esperas e, além de tudo, maior segurança no tratamento.

## Referências

- WORTH J et. al. Aperfeiçoando a jornada do paciente: melhorando a segurança do paciente, a qualidade e a satisfação enquanto desenvolvemos habilidades para resolver problemas. São Paulo. Lean Institute Brasil, 2013.
- DAMÁZIO, Luciana. Desafios da gestão estratégica em serviços de saúde: caminhos e perspectivas. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- SHOOK, John. Gerenciando para o aprendizado: usando o processo de gestão A3 para resolver problemas, promover alinhamento, orientar e liderar. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2008.
- BYRNE A. Lean turnaround: a grande virada. 1ª ed. São Paulo, 2014.
- PINTO CF. Em busca do Cuidado Perfeito: Aplicando Lean na Saúde. 1ª ed. São Paulo. Lean Institute Brasil, 2014.
- ONE CAMBRIDGE CENTER, Cambridge, MA 02142 USA. Versão 2.0, Abril 2007. Tradução e Revisão: Lean Institute Brasil.
- SISTEMA DE INFORMAÇÕES AMBULATORIAIS: Manual de Base Técnicas. 22ª ed. Brasília. Maio 2016

# Avaliação Do Desempenho Do Setor De Suprimentos Em Uma Empresa De Serviços Offshore A Partir Da Abordagem Lean Thinking

---

*Gustavo Rocha de Lima and Robisom Damasceno Calado*<sup>58\*</sup>

LabDGE - Laboratório Design Thinking Gestão e Engenharia Industrial, Escola de Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brasil

## 1. Introdução

As recentes mudanças econômicas e um mercado cada vez mais instável, exige que as empresas aprimorem suas competências para se tornarem competitivas e, assim, mais lucrativas. Através desta perspectiva, Fleury et al. (2000) propõe que a logística deixou de equivaler-se como uma ferramenta gerencial, mas a se tornar inclusive uma fundamental atividade econômica, que contribui de modo significativa para a estrutura de custos das empresas. A base de apoio para a gestão da cadeia de suprimentos, consiste em uma operação logística clara e controlada, com isso é fundamental o monitoramento constante e avaliação, cabendo às organizações a utilização de métodos para avaliar seu desempenho, bem como seus processos logísticos. Segundo Keebler et al. (1999), mensuração é elemento chave no sistema de controle gerencial e sua utilização e aplicação são fundamentais para direcionar as empresas rumo ao sucesso.

Tendo como propósito uma gestão mais eficiente, há na atualidade um vasto conjunto de ferramentas e de metodologias, entre as quais associadas ao que se conseguirá constituir por filosofia Lean, que ajudam na diagnóstico e na eliminação das perdas geradas nos processos e na identificação dos pontos fracos alvos da mudança, auxiliando para a melhoria da qualidade, para a redução dos

---

58 \* Corresponding Author's Email: [robisomcalado@gmail.com](mailto:robisomcalado@gmail.com)

\*\* Grateful to program PROAES/UFF for the provided of scientific scholarship grants.

custos e para o aumento da motivação e da participação dos seus colaboradores, corroborando com o objetivo de desenvolvimento sustentável, no fundo, para a reconhecimento dos resultados finais de uma empresa.

Deste modo, este projeto tem por finalidade aplicar uma convergência do modelo de medição com a abordagem Lean no setor de suprimentos/compras de uma empresa offshore, através de análises atuais sobre os processos e fluxos de materiais e informações, visando a medição do desempenho do setor de suprimentos/compras e a criação de indicadores que possam auxiliar o gerenciamento do setor de maneira mais eficiente.

O estudo deve-se ao fato de a empresa em análise estar passando por um processo de integração entre duas empresas com core business diferentes, para uma terceira empresa com processos distintos, tornando o gerenciamento do sistema logístico uma tarefa árdua, onde as análises são realizadas em sua grande parte de maneira empírica não baseada em dados e com um sistema de medição de desempenho bastante precário e nem um pouco consistente tendo impacto direto sobre o nível de serviço prestado pelo setor.

Segundo Rivadeneira (2002), para medir, é importante conhecer o que está sendo feito no decorrer do tempo, e se as atividades estão focadas no cumprimento das expectativas dos clientes. A motivação desta pesquisa está pautada na ausência de uma métrica bem definida, que resultam em diversos problemas operacionais de outros setores sejam evidenciados e relacionados com a eficiência do setor de logística, através do não atendimento completo das requisições de materiais, falta da rastreabilidade do status das requisições de materiais e atraso na entrega de pedidos.

Com isso, espera-se que as ferramentas Lean atinjam relevância para mensurar todo o desempenho logístico, respondendo a perguntas frequentes relacionados a medição: “Qualquer coisa mensurável evolui”, “O que você mediu é o que você tem”, “Não se pode controlar aquilo que não se pode medir”. A partir dessas perguntas, outras são geradas: “O que medir”, “Como medir”, “O que está se medindo é bom ou ruim”. Através de dados obtidos do sistema ERP.

## 2. Método

O método de pesquisa utilizado teve como referência o modelo proposto por Karim; Arif-Uz-Zaman (2013), para realização desta pesquisa ação. Através de mecanismos para a mensuração de resultados e abordagem das ferramentas para implantação da melhoria contínua. Segundo os autores, a metodologia pode ser considerada pioneira, por estar relacionada com os cinco princípios do Lean, por meio de uma estrutura simples, para conseguir mensurar a eficiência do desempenho da produção de materiais e serviços. Através de um roteiro bastante didático, o modelo proposto pelos autores será exposto em suas oito etapas, a saber:

1 - Detalhamento da Produção e do Processo: Esse estágio de acordo com Karim; Arif-Uz-Zaman, 2013, a organização necessita definir seus próprios sistemas, avaliando fatores como a quantidade de pedidos, o volume da demanda, tendo em vista que esses indicadores de modo geral estão relacionados a implementação do Lean;

2 - Constituição de uma Equipe Lean: Essa etapa na concepção dos autores visa desenvolver um grupo alinhado e multidisciplinar para conseguir disseminar os princípios e ferramentas Lean para os envolvidos no processo de melhoria.

3 - Estabelecimento de Métricas de Desempenho: Essa etapa constitui o momento em que a equipe Lean, avalia e define as métricas de desempenho que serão consideradas conforme informações já coletadas na primeira etapa (KARIM; ARIF-UZ-ZAMAN, 2013);

4 - Mapear os Processos Atuais: Nesta etapa é realizado o mapeamento do fluxo de valor atual, com a finalidade de identificar qualquer desperdício e atividades NAV para sua eliminação tão logo seja possível. (KARIM; ARIF-UZ-ZAMAN, 2013);

5 - Medir e Avaliar o Desempenho: Essa etapa compreende na avaliação continuar do desempenho antes e após a implementação do Lean. Em um primeiro momento medindo a situação atual em todos os aspectos relacionados a produtividade, LT e outras medidas de desempenho definidas na terceira etapa. (KARIM; ARIF-UZ-ZAMAN, 2013);

6 - Desenhar o Novo Processo e Implementá-lo: Essa etapa consiste em realizar o mapeamento do fluxo de valor no estado futuro. O arranjo do novo processo produtivo deverá seguir o sistema puxado, onde os desperdícios são eliminados da cadeia de valor, com o mínimo possível de atividades NAV (KARIM; ARIF-UZ-ZAMAN, 2013);

7 - Selecionar as Ferramentas Apropriadas: Essa etapa tem como foco eliminar qualquer desperdício, utilizando das ferramentas adequadas, realizando de modo constante o monitoramento para que as propostas não gerem novas atividades NAV. (KARIM; ARIF-UZ-ZAMAN, 2013);

8 - Melhorar Continuamente: Essa etapa várias ferramentas Lean como o just in time e kaizen, são utilizadas com intuito de garantir a perenidade do projeto (KARIM; ARIF-UZ-ZAMAN, 2013).

## **3. Estudo de Caso**

### **3.1 A empresa**

A empresa X de nome fictício, foco deste projeto conta com mais de 25 mil empregados presentes em mais de 40 países em todo o mundo. Será abordada a base de Macaé, que é a filial de maior porte no Brasil, que conta com mais de 200 funcionários onshore para realizar atividades de suporte e mais de 1.500 funcionários offshore que atendem em todos os contratos um total de 23 pla-

taformas, o foco da filial é a prestação de serviços para o mercado Oil & Gas na área de isolamento, acesso, proteção passiva contrafogo e acabamento de interiores.

### **3.2. Etapa 01 - Detalhamento Do Processo**

A análise desta pesquisa-ação se restringe ao setor de Suprimentos que no início do estudo em junho de 2016. Em termos de quantitativo e métricas, não havia um registro que informasse o Lead Time de atendimento desde a emissão da solicitação de material até o embarque ou compra do material. A convenção estabelecida pela empresa consistia em atender à solicitação em até 7 dias corridos considerando a separação ou a realização da compra do material, mas não se sabia quantas requisições eram atendidas nesse prazo e quantas eram atendidas fora dele. Uma constatação era de que havia indícios que os processos de separação e compra vinham sendo realizados de maneira inadequada dentro do setor de suprimentos sendo percebido pelo cliente interno. A falta de padronização e rastreabilidade nos processos logísticos do setor de suprimentos, impossibilitavam ao atendimento responsivo aos contratos, ocasionando multas e desgaste da imagem da empresa junto ao cliente.

#### **3.2.1 Identificando Os Clientes E Suas Prioridades**

Seguindo o princípio do Lean, apontar valor sob a perspectiva do cliente, como primeiro passo compreender as expectativas dos clientes em termos de qualidade, preço e tempo para entrega, o modelo começa com a identificação dos clientes e suas prioridades. Nessa direção, de acordo com estabelecido, o primeiro passo desta etapa consiste em identificar, de forma clara, quais são os clientes (internos e externos) cujas necessidades deverão ser atendidas.

Dessa relação surge a etapa de compreender de fato o que esses agentes envolvidos esperam como resultado a ser atingido pelo setor e/ou pela empresa em si, e o que acham como padrão de desempenho e qualidade para o serviço prestado pelo setor de suprimentos, direta ou indiretamente. Com esse propósito, foi realizada a coleta de dados e informações apenas dos clientes internos de acordo com a delimitação do estudo, mediante entrevistas individuais e estruturadas - sob a questão comum: “O que sua área percebe como resultado de valor ao setor de suprimentos?” - Com um coordenador responsável de cada uma das áreas envolvidas com o setor de suprimentos e da gerência local. Como resultado da voz dos clientes temos que Planejamento de Obras / Coordenadores demandam: requisições de materiais sejam separadas dentro do prazo convencionado de 7 dias, envio de informações de itens atendidos pelo estoque, os itens solicitados sejam carregados nas quantidades, no local e em condições especificados, requisições de materiais sejam compradas dentro do prazo convencionado de 7 dias, os itens estejam disponíveis para embarque tão logo cheguem na empresa. Sob a perspectiva da gerência espera-se que: As compras fechadas possuam as melhores condições comerciais, o melhor preço vs custo benefício,



os fornecedores atendam aos princípios de boa prática mercadológica como: transparência, eficiência, economicidade, legalidade e sustentabilidade, toda a política de compliance seja seguida.

### **3.2.2 Reconhecendo o fluxo a ser melhorado**

O Macroprocesso de Gestão de Suprimentos compreende a rede de processos, comunicações e operações que possibilitam levar produtos ou serviços, no tempo e no espaço, da requisição do cliente interno (demanda) até a separação ou compra do material visando atender essa requisição. Contudo, para fins desta pesquisa ação, o fluxo de valor a ser melhorado envolveu atividades mais focadas e que, de maneira efetiva, faziam parte do processo de suprimentos. Em suma, o presente estudo concentrou suas ações de melhoria, antes de tudo, no fluxo de suprimentos, informações e documentos desde o momento em que os mesmos são recebidos.

A grande dificuldade do setor de suprimentos em conseguir medir o desempenho e ter indicadores de gestão consiste em não possuir nenhuma base de dados para se avaliar os tempos de ciclos das atividades realizadas pelo setor, sendo que a empresa em análise possui um sistema ERP onde as informações do setor são inseridas. Pouco é aproveitado do sistema, seja em razão de os colaboradores envolvidos no processo possuírem baixo conhecimento e treinamento no ERP ou o mesmo não ser adequado para todos os processos realizados pelo setor de suprimentos.

### **3.3. Etapa 02 – Definindo a equipe Lean**

Nesta etapa 2, foi definida a equipe base que conduziu o projeto melhoria para realização do mapeamento e acompanhamento das atividades realizadas durante toda a duração do projeto, inclusive na mediação com os setores envolvidos, a saber: gerência da filial: fornecer suporte e minimizar possíveis conflitos de autoridade no desenvolvimento do projeto; líder lean: fornece suporte para realização de treinamentos das ferramentas e mentalidade lean para todos os envolvidos no projeto; gestor do projeto: conduzir as etapas de mapeamento, sessões de brainstorming, implementação de melhorias e engajamento da equipe na busca pela melhoria contínua; coordenadores: participar de modo ativo de todas as etapas do projeto com intuito de fornecer feedbacks e necessidades não atendidas pelo setor de suprimentos de materiais; facilitadores: participar de modo ativo de todas as etapas do projeto com intuito de demonstrar todas as dificuldades enfrentadas no dia a dia e estarem treinados na mentalidade enxuta

### **3.4. Etapa 03 – Definindo as Principais Métricas de Desempenho**

Como pôde ser constatado na etapa precedente, considerando-se os apontamentos realizados pelos clientes internos envolvidos com o setor de suprimentos e aquilo que indicaram como valor no estudo, considerando-se os agentes e suas interações no macroprocesso de suprimentos. Identificou-se que como

questão central a ser abordado por qualquer plano de melhoria recomendado, encontra-se a questão do não atendimento das requisições de materiais, falta de rastreabilidade do status das requisições e excessivo Lead Time de atendimento. A seguir, são apresentadas as principais métricas de desempenho definidas nesta etapa, por intermédio do valor percebido pelo cliente interno, esses dados serão monitorados com a frequência mensal.

**Lead time de separação:** Trata-se do indicador para a equipe de almoxarifado dentro do setor de suprimentos, como observado na definição da situação-problema refere-se à competência da empresa para, em no máximo 7 dias depois da elaboração da requisição separar o material das prateleiras para os containers para embarque, o cálculo para saber o tempo de separação representa a diferença de tempo decorrido entre as atividades de separação por solicitação de material, data em que a separação é finalizada e a data do recebimento da requisição.

**Lead time de compras:** Refere-se ao indicador para a equipe de compras dentro do setor de suprimentos, como observado na definição da situação-problema refere-se à competência da empresa para, em no máximo 7 dias depois da elaboração da requisição emitir o pedido de compras ao fornecedor.

**Lead time de atendimento interno da requisição de material:** Trata-se do principal indicador para a empresa foco do estudo e, como observado na definição da situação-problema refere-se à competência da empresa para, em no máximo 7 dias depois da elaboração da requisição, separar o material para embarque, e informar ao requisitante e suprimentos se a lista foi atendida por completo ou de modo parcial.

**Percentual de pedidos de compras entregues no prazo:** Este indicador representa a quantidade de pedidos de compras entregues dentro do prazo previsto para entrega pelo fornecedor no mês vigente de acordo com a proposta comercial. Verificando sua confiabilidade da entrega e se o follow-up estava sendo realizado de maneira eficiente.

### **3.5. Etapa 04 – Mapeando o Processo Atual**

Utilizando uma das técnicas mais essenciais o mapeamento de processos para enxergar de uma maneira global e simples todas as interfaces do setor de suprimentos e de modo detalhado será elaborado em um primeiro momento um mapeamento de processos utilizando a notação de BPMN, onde todos os setores com interface com o setor de suprimentos/compras puderam mapear seus subprocessos de uma maneira macro, sem entrar no nível de detalhamento mais aprofundado de cada atividade, e para os processos de responsabilidade de suprimentos houve também o mapeamento do fluxo de valor das atividades, a Etapa 4 visa a medir e avaliar o desempenho vigente da empresa, para um fluxo de valor do processo em análise, a partir do o início de qualquer processo até a entrega do bem ou serviço ao cliente interno. É neste ponto no qual uma determinada dificuldade consegue ser mensurável, concreta e acessível por todos. Com base nessas descobertas, os esforços podem ser melhor direcionados e compartilhados para que todos entendam a dimensão da lacuna existente e suas dificuldades.

### 3.5.1 O Mapeamento Macro das Atividades de Suprimentos - Atual

Durante o processo de mapeamento membros de todos os setores com interface com o setor de suprimentos foram envolvidos, vale ressaltar que as atividades mapeadas que não envolviam o setor de suprimentos não foram aprofundadas, e toda a complexidade do processo de suprimento de materiais para as plataformas petrolíferas foi percebida pelos envolvidos.

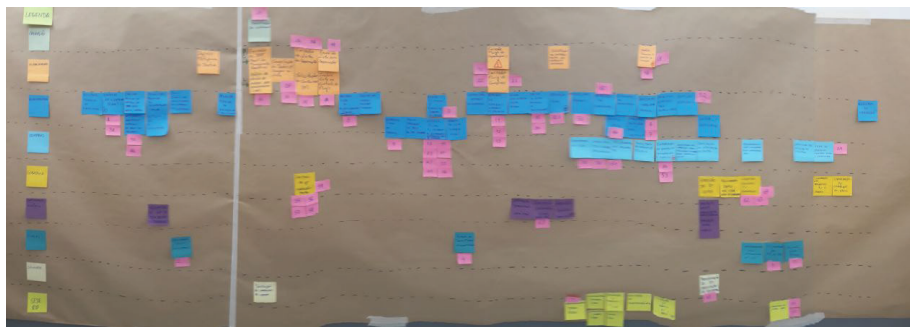


Figura 1. Mapeamento Macro das atividades estado atual

### 3.6. Etapa 05 – Mensurando e avaliando o desempenho atual

Esta etapa teve por objetivo coletar dados e estabelecer o nível de desempenho então vigente do processo através da mensuração dos indicadores elencados na Etapa 3. Verificou-se que os inputs de informação como: criação da requisição, quantidade de itens por requisição, quantidade de itens atendidos pelo estoque, quantidade de itens a serem comprados, data da compra do material, entrega prevista e se o material já havia sido entregue são armazenadas em 3 diferentes bancos de dados dentro do sistema ERP TOTVS. Assim ao cruzar essas informações seria possível mensurar o nível do desempenho atual dos processos do setor de suprimentos.

#### 3.6.1 O Desempenho Atual

Através do levantamento feito com as informações extraídas pelo sistema ERP, foi possível analisar o comportamento do tempo em sistema, para os indicadores definidos na etapa 03. Por meio do levantamento realizado pelos dados extraídos do ERP foi constatado um excessivo tempo para realizar as atividades de separação de materiais, que para o mês de maio de 2016 levou em média 24 dias para ser realizada, a atividade de separação foi acompanhada através de um gamba walking, utilizando as ferramentas Lean com foco nos desperdícios (mudas). A figura 2 sintetiza algumas informações que serão explanadas a seguir.



Figura 2 - Gemba Walking Separação de Materiais

O processo de separação de lista apresenta um valor agregado de 2,54%, desperdício necessário de 31,34% e 66,12% de desperdícios não necessários que em sua maioria corresponde ao excesso de movimentação (914,4m em 1 hora e 8 minutos) foi um dos principais desperdícios. Ao analisar a situação das compras a média para emissão do pedido de compras dos itens solicitados era em média de 26 dias, muito além do convencionado como aceitável para atendimento, 7 dias corridos. Analisando os dados para o atendimento geral é possível reafirmar o desempenho insuficiente do setor de suprimentos no momento da pesquisa ação, levando em consideração que um material não suprido no momento da separação até a disponibilidade na empresa seria próximo de 7 semanas, ao considerar ainda que no mês de abril de 2016 temos que mais de 70% das requisições de materiais compradas chegaram atrasadas na empresa, esse tempo de atendimento ultrapassa 8 semanas.

### 3.7. Etapa 06 – Desenhando o Estado Futuro

De posse de todas as informações levantadas até aqui, já é possível iniciar a elaboração do MFV no estado futuro, enxugando e reordenando algumas atividades do processo.

## VALUE STREAM MAPPING – LAYOUT

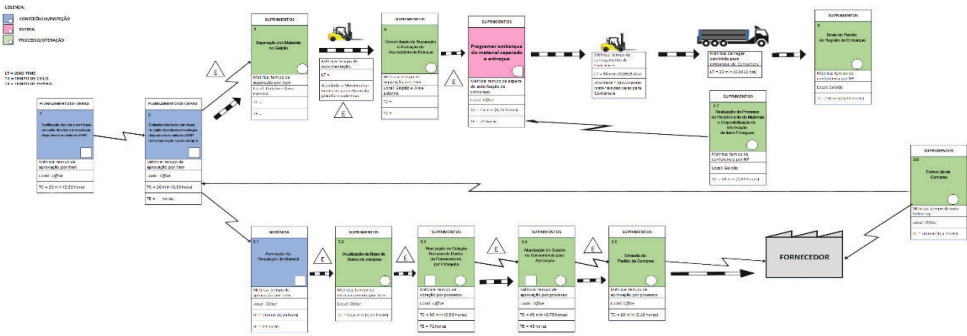


Figura 03. Mapeamento do Fluxo de Valor Estado Futuro

### 3.8. Etapa 07 – Selecionando As Ferramentas Apropriadas

Através da visualização de forma simples da disposição como as atividades se desenrolavam na empresa, pôde-se ampliar a informação do funcionamento de assimilação dos problemas existentes para um número maior de colaboradores, envolvidos, de maneira direta ao setor de suprimentos. Pelo resultado do MFV no primeiro mês e realizando uma comparação com os tempos de processamento medidos versus os tempos do ERP, percebeu-se lacunas grandes no tempo de processamento.

Nesse contexto, utilizou-se a técnica do Brainstorming, a fim de identificar e compreender os problemas específicos com que cada envolvido do processo de suprimentos se deparava. Essas reuniões foram organizadas visando contemplar representantes de todas as áreas que compunham os processos, na finalidade de identificar as dificuldades, levantar seus motivos e, desta maneira deslumbrar as ações para mitigar os problemas. Por meio dessas reuniões pôde-se catalogar toda a gama de dificuldades de problemas enfrentados pelos integrantes em suas atividades diárias, no total 23 oportunidades de melhoria foram listadas. Visando a elaborar um ajuste fidedigno à realidade, demandou-se aos integrantes da reunião de Brainstorming que para cada um dos problemas elencados na tabela 7 que indicassem as possíveis causas. A ferramenta usada para a trabalho foi o “Cinco Por quê”.

Através da análise das falhas com maior número de ocorrências foi possível detectar que dos 23 problemas levantados, 14 tinham como efeitos indesejáveis-chave a ausência de métodos de trabalho e da má utilização dos dados contidos no sistema ERP TOTVS. A não utilização dos dados do sistema ocorre por não existir para a empresa foco do estudo, um módulo que agrupe todas as informações relevantes ao setor de suprimentos. Além disso, não havia interesse nem conhecimento dos usuários em buscar soluções dentro do próprio sistema para conseguir extrair e compilar de modo padronizado todas essas informações oriundas do ERP. Dessa maneira, o trabalho é realizado através de soluções indi-

viduais dos envolvidos no processo, mas que são desordenadas, ineficazes e que acarretam em retrabalhos e um processo nada produtivo

### **3.8.1 Gerando e Propondo Ideias**

A partir das métricas que foram definidas como valor para o cliente interno na seção: 4.4. Definindo as principais métricas de desempenho” e do resultado da análise dos problemas, foram desenvolvidas proposta de melhorias a saber: Mecanismo de acompanhamento do status da requisição de material, padronizar direcionamento de atendimento, padronizar e otimizar separação de materiais, desenvolvimento de banco de dados de fornecedores e Relatório de acompanhamento do status da requisição por semana. possível perceber que das propostas de melhorias, mais da metade estão relacionadas em obter informações de maneira rápida e padronizada do ERP, entretanto, dado o atual cenário de contenção de custos, o desenvolvimento de um módulo customizado para o atendimento dos processos da Filial Macaé demandaria um investimento elevado que não necessariamente teria o retorno garantido a curto e médio prazo. Desta maneira a proposta do autor em realizar através de programação VBA a compilação e padronização das informações do ERP se tornaram uma alternativa para a solução frente aos problemas de atendimentos das requisições de materiais.

Através das métricas de desempenho definidas na seção 3.2.3, foram estabelecidas as seguintes metas:

**Meta 01: Reduzir o Lead Time de separação de até 23 dias para 7 dias após 12 meses da implementação do novo fluxo e ferramenta;**

**Meta 02: Reduzir o Lead Time de compras de até 23 dias para 7 dias após 12 meses da implementação do novo fluxo e ferramenta;**

**Meta 03: Reduzir o Lead Time de atendimento de até 46 dias para 14 dias após 12 meses da implementação do novo fluxo e ferramenta;**

**Meta 04: Reduzir o percentual de pedidos de compras atrasados de até 60% para 20% após 12 meses da implementação ferramenta;**

### **3.8.2 Implementando as Soluções**

Na última etapa desta Fase, tendo sido desenhado o novo Fluxo de Valor de acordo com as propostas do autor e pelo pessoal do gemba nas sessões de Brainstorming. O primeiro passo nessa nova etapa foi envolver e posicionar as áreas e colaboradores que seriam de alguma forma impactados pelas mudanças, mas que não participaram de modo ativo das sessões de Brainstorming.

A Planilha padronizada é composta por duas abas: ROMANEIO – PADRÃO, BASE DADOS.

A aba ROMANEIO – PADRÃO é a guia operacional da separação de materiais, ela é utilizada pelo técnico de planejamento para realizar a distribuição dos Fluigs emitidos pelo planejamento de obras para os auxiliares de produção executarem a atividade física de separação dos materiais.

As informações que precisam ser imputadas são: número do Fluig, código do produto e quantidade desejada. Com essas informações inseridas, a planilha percorre o banco de dados do pedido de venda verificando se ele está de acordo com as informações fornecidas, passando confiabilidade na requisição de material que será separada, uma vez que os itens inseridos nela exibem o status de “OK” caso número da requisição, código do produto estejam no sistema e o material esteja com saldo no ERP.

Legenda Situação		ROMANEO DE MATERIAIS		ROMANEIO:	349					
PNCF	Produto não consta Fluig			PLATAFORMA:	PNA-1					
QTDIMF	Quantidade informada não tem saldo no Fluig			EQUIPAMENTO:	CAIXA METALICA					
				Nº EQUIPAMENTO:	3083					
				ESLUNGA / ESTROPO:	34950					
				DATA INICIO:	09/06/2016					
				DESCRICOÇÃO CENTRO:	LOTE 1					
				CENTRO DE CUSTO:	443405416					
				DATA PREVISTA:	15/06/2016					
ITENS	FLUIG-PV	CR	Situaçã o	CODIGO	DESCRIÇÃO DOS ITENS	UNO	Q.TDE SOLICITADA	Preço Unitário	Q.TDE. SISTEMA	Tag
E1	26986	443405416	OK	47161212	DISCO DE CORTE AR-302 1/8" X 7/8" X 4 1/2" P/ AÇO CARBONO MANUTENÇÃO EM GERAL	PC	50	R\$ 2,21	1750	
E2	26986	443405416	OK	47161214	DISCO DE CORTE AR-302 1/8" X 7/8" X 7" P/ AÇO CARBONO MANUTENÇÃO EM GERAL	PC	50	R\$ 4,06	1638	
E3	26986	443405416	OK	47161310	DISCO DE DESBASTE 4 1/2" X 1/4" X 7/8" - BOSCH 2608000497	PC	50	R\$ 2,33	620	
E4	26986	443405416	OK	47161344	DISCO DE DESBASTE BDA 640 7" - BOSCH	PC	50	R\$ 2,76	792	
E5	26986	443405416	OK	47181491	ESCOVA ROTATIVA AÇO CARBONO TRANCADA 4 1/2 X 7/8	PC	10	R\$ 6,75	134	
CA	96086	443405416	OK	47181493	ESCOVA ROTATIVA AÇO CARBONO	PC	10	R\$ 11,98	146	

Figura 4. Aba Romaneio Padrão

A aba BASE DADOS é a guia que contém as informações de dois relatórios extraídos e compilados de modo ser possível realizar o cruzamento de informações e utiliza-las para uma maior confiabilidade e organização para realizar a separação dos materiais.

ITEM	FLUIG	CR	SITUAÇÃO	CODIGO	DESCRIÇÃO	UNO	QTD	PREÇO	QTD SISTEMA	TAG
1	26986	443405416	OK	47161212	DISCO DE CORTE AR-302 1/8" X 7/8" X 4 1/2" P/ AÇO CARBONO MANUTENÇÃO EM GERAL	PC	50	R\$ 2,21	1750	
2	26986	443405416	OK	47161214	DISCO DE CORTE AR-302 1/8" X 7/8" X 7" P/ AÇO CARBONO MANUTENÇÃO EM GERAL	PC	50	R\$ 4,06	1638	
3	26986	443405416	OK	47161310	DISCO DE DESBASTE 4 1/2" X 1/4" X 7/8" - BOSCH 2608000497	PC	50	R\$ 2,33	620	
4	26986	443405416	OK	47161344	DISCO DE DESBASTE BDA 640 7" - BOSCH	PC	50	R\$ 2,76	792	
5	26986	443405416	OK	47181491	ESCOVA ROTATIVA AÇO CARBONO TRANCADA 4 1/2 X 7/8	PC	10	R\$ 6,75	134	
6	26986	443405416	OK	47181493	ESCOVA ROTATIVA AÇO CARBONO	PC	10	R\$ 11,98	146	

Figura 5. Aba Base Dados

Além de utilizar o modelo Padrão utilizando as informações do sistema, foi desenvolvido um texto padrão para ser enviado por e-mail pelo Técnico de Planejamento do almoxarifado no momento de retornar as listas separadas para a área de compras realizar a compra dos materiais pendentes, e para o setor financeiro emitir a nota fiscal de saída do material.

Finalmente, como última proposta de melhoria para o indicador de Lead Time de separação, foi realizada a organização dos materiais dispostos no galpão do almoxarifado de acordo com seu consumo, ou seja, os itens de maior giro foram alocados mais próximos e em prateleiras de fácil acesso, além implementar o 5S na organização das prateleiras conforme eixos de altura, largura e prateleira, definindo desta maneira o devido lugar para cada item e definindo no início da separação a rota ótima que o separador irá percorrer para atender as demandas de materiais. A informação de giro dos materiais, também foi extraída utilizando dados do ERP. Entretanto, só teve seu início após um período de 3 meses da implementação das outras ferramentas a fim de garantir dados mais próximos da realidade de solicitações.

A segunda parte, foi aplicado a extração de relatórios do banco de dados do sistema ERP TOTVS apenas para o módulo de Compras, pois, assim como a área de Estoque, estão sob a gestão da Área de Suprimentos. O objetivo principal desse Piloto foi visualizar, pela primeira vez, como a aplicação padronizadas das informações extraídas do ERP poderiam tornar o processo de compra de material mais eficiente. Para a atividade de compra, a programação realizada constitui apenas para extrair do sistema a base de dados de Pedidos de Venda (PV), Solicitações de Compra (SC), Pedidos de Compra (PC) e de entradas do financeiro (FN1) e coloca-las em uma planilha padrão com as informações necessárias aos compradores para realizar a compra do material, acompanhamento dos materiais que não tiveram pedido de compra, acompanhamento das entregas dos materiais comprados.

Através de programação VBA foi montado um painel vinculado a base de dados dos 4 relatórios distintos e que tiveram suas informações cruzadas. A figura 06 exibe esse painel:

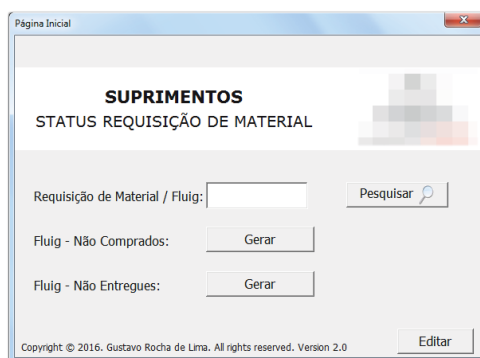


Figura 6. Painel de Status de Requisição de Material

O botão gerar FLUIG – NÃO COMPRADOS consolida através dos bancos de dados as requisições de materiais que não tiveram ainda pedido de compra emitido, permitindo assim, ao coordenador de suprimentos, aos compradores e ao planejamento de obras terem conhecimento dos itens que ainda estão pendentes a emissão do pedido. Além da fácil exibição, ainda é possível exportar os



dados para o Excel, visando sua manipulação, possibilitando dessa forma o uso de todas as informações oriundas do ERP sob a ótica do não atendimento da requisição pela equipe de compradores, com as informações padronizadas e com confiabilidade, ao contrário do que acontecia quando essas informações eram digitadas uma a uma manualmente através de consulta do e-mail.

O botão pesquisar REQUISIÇÃO DE MATERIAL/FLUIG consolida através dos bancos de dados das requisições de materiais, todo o status, ao cruzar e consolidar as informações de quatro base de módulos diferentes.

Esse mecanismo tem a função de mostrar ao solicitante como se encontra o atendimento item a item da sua requisição, de maneira padronizada e confiável por utilizar os dados inseridos no ERP. Os itens que já foram entregues ficam exibidos com na cor verde e com toda situação desde do início da solicitação até o recebimento em uma única linha.

The screenshot shows a window titled "Consulta" with a sub-header "SUPRIMENTOS STATUS REQUISIÇÃO DE MATERIAL". Below the header, it displays "RM / FLUIG: 15128". There are buttons for "Voltar" and "Exportar". The main content is a table with the following columns: RM/FLUIG, PLATAFORMA, CR, PRODUTO, U., Q., DESCRIÇÃO, N°PEDIDO, INICIO P., DATA DA CO., ENTREG., FORNEC., and ENTREGUE. The table contains 22 rows of data, with the first row highlighted in blue. At the bottom, it says "Desenvolvido por GRL. Version 2.2" and "Número de Itens Fluig: 22".

RM/FLUIG	PLATAFORMA	CR	PRODUTO	U.	Q.	DESCRIÇÃO	N°PEDIDO	INICIO P.	DATA DA CO.	ENTREG.	FORNEC.	ENTREGUE
15128	P-20	473400315	10121443	LT	10	COLA PARA TUBO PVC LATA...	3133	12/05/2...	05/06/2017	30/06/2...	AERODI...	E
15128	P-20	473400315	10004020	PC	8	PRIMER PARA TUBO CPVC 4...	3133	12/05/2...	05/06/2017	30/06/2...	AERODI...	E
15128	P-20	473400315	10004810	PC	33	TE 45° Ø2" SOLDAVEL PVC S...	3133	12/05/2...	05/06/2017	30/06/2...	AERODI...	E
15128	P-20	473400315	10002094	PC	5	FLANGE FEMEA CPVC 1 1/2"...	3133	12/05/2...	05/06/2017	30/06/2...	AERODI...	E
15128	P-20	473400315	10002094	PC	25	FLANGE FEMEA CPVC 1 1/2"...	3133	17/05/2...	05/06/2017	30/06/2...	AERODI...	E
15128	P-20	473400315	10002855	PC	120	JOELHO 45° Ø2" SOLDAVEL P...	3133	12/05/2...	05/06/2017	30/06/2...	AERODI...	E
15128	P-20	473400315	10004020	PC	8	PRIMER PARA TUBO CPVC 4...	3133	12/05/2...	05/06/2017	30/06/2...	AERODI...	E
15128	P-20	473400315	10004954	PC	18	TUBO OSAM. 2 1/2" SOLDAVE...	3133	12/05/2...	05/06/2017	30/06/2...	AERODI...	E
15128	P-20	473400315	10002094	PC	25	FLANGE FEMEA CPVC 1 1/2"...	3133	17/05/2...	05/06/2017	30/06/2...	AERODI...	E
15128	P-20	473400315	10121443	LT	10	COLA PARA TUBO PVC LATA...	3133	12/05/2...	05/06/2017	30/06/2...	AERODI...	E
15128	P-20	473400315	10004810	PC	7	TE 45° Ø2" SOLDAVEL PVC S...	3133	17/05/2...	05/06/2017	30/06/2...	AERODI...	E
15128	P-20	473400315	10004954	PC	2	TUBO OSAM. 2 1/2" SOLDAVE...	3133	17/05/2...	05/06/2017	30/06/2...	AERODI...	E
15128	P-20	473400315	10121870	PC	140	ESTOJO ACO CARBONHO 3/8...	3110	12/05/2...	30/05/2017	09/06/2...	ARMAZE...	E
15128	P-20	473400315	10004020	PC	8	PRIMER PARA TUBO CPVC 4...	3133	12/05/2...	05/06/2017	30/06/2...	AERODI...	E
15128	P-20	473400315	10121870	PC	140	ESTOJO ACO CARBONHO 3/8...	3110	12/05/2...	30/05/2017	09/06/2...	ARMAZE...	E
15128	P-20	473400315	10004810	PC	33	TE 45° Ø2" SOLDAVEL PVC S...	3133	12/05/2...	05/06/2017	30/06/2...	AERODI...	E
15128	P-20	473400315	10001246	PC	40	BUCHA DE REDUÇAO Ø 2" X B...		12/05/2...				
15128	P-20	473400315	10002853	PC	20	JOELHO 45° Ø1 1/2" SOLDAV...		12/05/2...				
15128	P-20	473400315	10002060	PC	20	FLANGE CEGO Ø2" PVC SCH...		12/05/2...				
15128	P-20	473400315	10004861	PC	30	TUBO Ø3" SOLDAVEL PVC SC...		12/05/2...				
15128	P-20	473400315	10122870	PC	45	JUNTA DE VEDACAO Ø 2", ES...		12/05/2...				
15128	P-20	473400315	10002062	PC	70	FLANGE FEMEA Ø2" PVC SCH...		12/05/2...				

Figura 7. Relatório de status da requisição de material.

## 5. Resultados

### 5.1 Etapa 08 - Controlando Os Resultados E Melhorando Continuamente

A última Etapa da pesquisa pode ser considerada também como o início. O início de um processo contínuo de melhoria em todas as vertentes do processo atual, não importando quão bom o mesmo já aparente ser eficiente. Através da padronização das atividades de separação de materiais, da nova disposição dos materiais com base no seu consumo, permitiram maior controle e praticamente extinguíram o retrabalho realizados pelos envolvidos no processo de separação. Os problemas enfrentados pela equipe de separação em decorrência das recla-

mações do planejamento de obras, foi resumido no indicador conforme seção A figura 8 exibe a ascensão da separação de materiais no gemba após o recebimento da requisição de material, como consequência das reuniões de Brainstorming e da padronização das atividades.

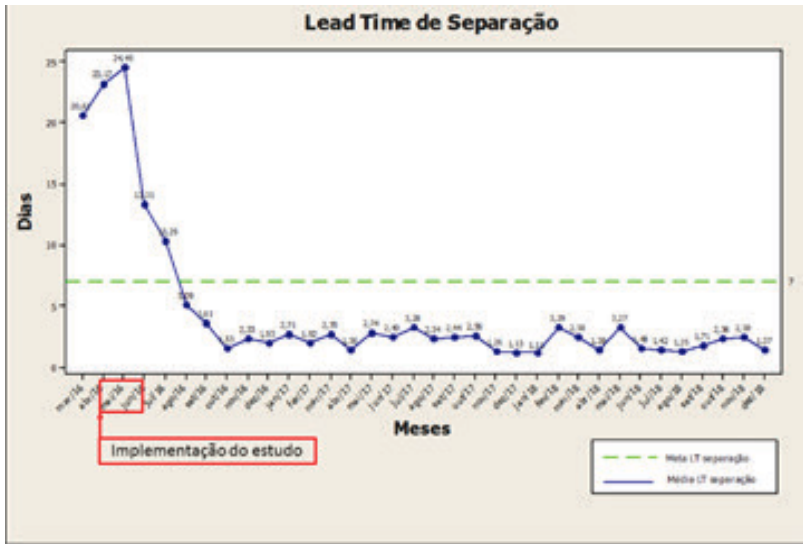


Figura 8. Lead time separação após implementação do estudo

Esse indicador possui um alto grau de impacto no setor de operações, após a implementação do novo processo e ferramentas utilizadas para melhorar o desempenho da equipe de separação, deve-se ter em vista que resultados abaixo do esperado para o mesmo poderiam trazer consequências negativas para o Projeto - como desmotivação do pessoal, desmobilização de esforços, e surgimento de dúvidas da Gerência quanto à eficácia do projeto e suscitar a necessidade de realizar ajustes de rumo. Diante desse cenário, a análise dos resultados trazidos pela figura 8 evidencia que houveram mudanças positivas e significativas, logo após a implementação da ferramenta houve uma melhora em 11 dias para o mês seguinte no tempo médio de separação e em menos de 6 meses o processo já havia sido estabilizado para menos que 3 dias.

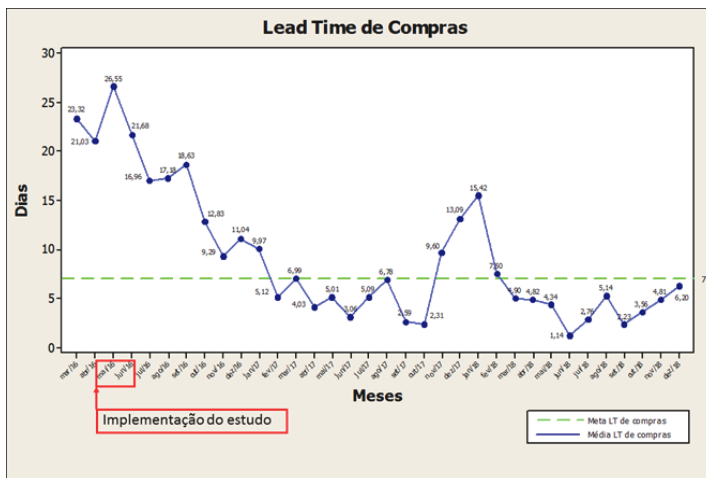


Figura 9. Lead time de compra após implementação do estudo

A figura 9 permite uma análise do atendimento dos compradores com relação ao tempo médio para se realizar a compra dos materiais, é possível verificar que após a implementação do mecanismo de verificação dos itens em aberto e das reuniões semanais com o planejamento de obras o Lead Time médio caiu em 10 dias. Contudo o período seguinte dos próximos 3 meses o processo se permanece estável próximo a 17 dias, esse fato se deve ao início do estudo a equipe de suprimentos contar com 4 compradores e durante o mês de agosto de 2016, devido a contenção de custos, 2 compradores foram desligados, dessa maneira sobrecarregando os outros dois compradores isso porque a demanda de compra de materiais praticamente se permaneceu constante.

Considerando-se ser este o principal indicador para a empresa a capacidade de atender o planejamento de obras dentro de um prazo estabelecido pela empresa e considerado como ótimo para atendimento de 14 dias. Através da Figura 10 que após apenas 6 meses o Lead time de atendimento já estava em 11 dias, em consequência do melhoramento do fluxo e padronização das atividades.

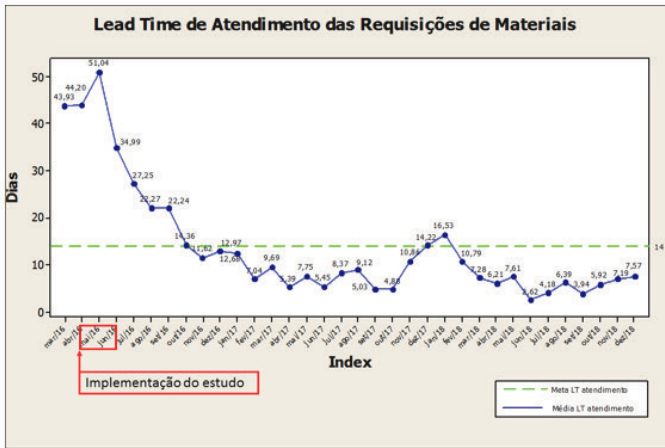


Figura 10. Lead time de atendimento das requisições de materiais

O último indicador definido que deveria ser monitorado é a situação das entregas dos pedidos de compra, o processo de diligenciamento era o mais afetado pela não utilização dos dados sistêmicos, isso porque todo controle de follow-up era centralizado em uma única pessoa que preenchia manualmente a planilha de acompanhamento de pedidos um trabalho bastante moroso e que não possuía uma confiabilidade. Através da implementação da ferramenta que consolida as informações do ERP e as exibe de maneira ordena e clara, é possível realizar um acompanhamento mais preciso, através do gráfico da Figura 11 temos que com menos de 6 meses da utilização da mesma já temos uma redução de 40% nos atrasos.

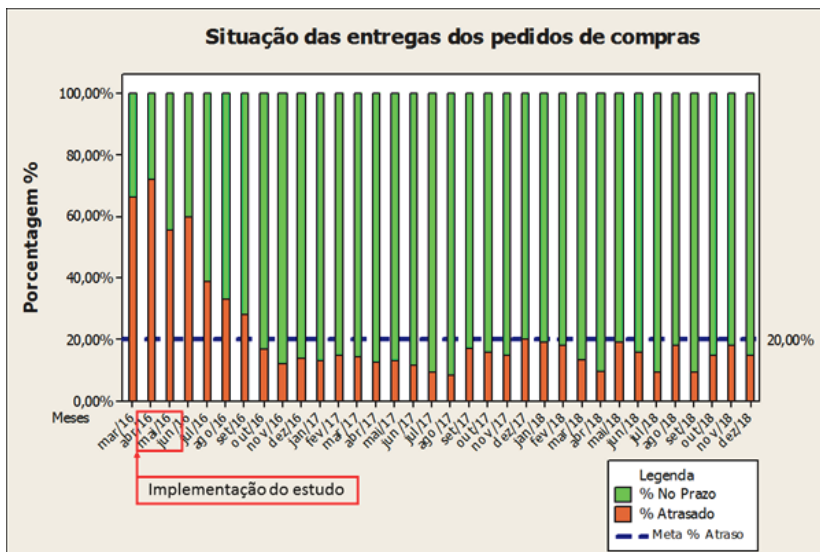


Figura 11. Situação das entregas dos pedidos de compra.

## Conclusão

A presente pesquisa desenvolveu a aplicação da abordagem Lean para melhoria da eficiência e da eficácia dos processos operacionais referentes as atividades do Setor de Suprimentos, tendo em vista que tal setor foco do estudo experimentava problemas para se adequar às demandas dos clientes internos.

Nesse sentido, após ampla pesquisa, constatou-se que embora a mentalidade enxuta seria parte da estrutura central do projeto, através do modelo proposto por Karim; Arif-Uz-Zaman (2013), por sua simplicidade prática, princípios fundamentais, facilidade de entendimento e baixo custo de implementação, a pesquisa também identificou que o Lean fosse complementado por outras ferramentas para se tornar uma ferramenta muito mais poderosa, conforme etapa 7 do método. Dessa maneira o Lean teve papel de integração para atingir assim, o primeiro objetivo específico desenvolver consistência na abordagem Lean. Delinear informações do setor estudado; mapear o fluxo de valor; identificar e descrever indicadores de gestão de suprimentos; concluir o estudo através de uma avaliação comparativa após a implementação e aplicação de ferramentas Lean;

A sequência de lógica das etapas proposta pelo modelo: o de Karim; Arif-Uz-Zaman (2013); escolhidos devido ao aspecto descritivo, metódico e prático foram base fundamental para execução do trabalho, e conseguir atingir a resolução do problema em que se encontrava a empresa em suprir os materiais no tempo necessário para o planejamento de obras, realizando o delineamento das informações do setor estudado, mapeamento o fluxo de valor e identificando os indicadores chave na gestão de suprimentos. Através das sessões de Brainstorming, “5 Porquês” e desenvolvimento da árvore de falhas foi possível constatar as causas do não atendimento das requisições, devido à falta de trabalho padronizado que geravam impacto direto na atividade central do Setor de Suprimentos.

A utilização de um mecanismo para padronizar e utilizar as informações oriundas do ERP pode ser considerada a principal fonte de melhoria e contribuição para atingir os resultados, mas foi moldada de acordo com o percebido da aplicação de outras ferramentas, e que juntas, tiveram um resultado muito positivo e com um custo de implementação muito baixo, já que a competência do mecanismo foi realizada pelo próprio autor.

Assim, o período de acompanhamento permitiu um desfecho positivo uma vez que os resultados alcançados fossem suficientes para atingir as metas estipuladas pelo projeto. Em todos os indicadores definidos as metas foram atingidas muito antes do previsto em projeto.

Recomenda-se, em termos de pesquisas futuras, uma nova observação seria capaz apoiar-se do ponto em que o presente estudo parou. Isso é, avançando na implementação da metodologia enxuta e do modelo e mecanismos aqui exibido: a princípio para além do Setor de Suprimentos, tendo em intuito que as considerações e resultados aqui apresentados são capazes de realizar com que outras empresas possam atualizar seus modelos de gestão atuais e revisitar conceitos, para atingir obter um nível de serviço melhor sem a necessidade de um grande investimento.

# Referências

- BALLOU, Ronald H. Logística Empresarial: Transportes, Administração de Materiais e Distribuição Física. São Paulo: Atlas, 1993; BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, organização e logística empresarial. 4ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- CAVAGNOLI, I. Gestão e Inovação. Indicadores de Desempenho (Key Performance Indicators - KPI). 2009. Disponível em <<http://gestaoeinovacao.com/?p=1089>>. Acesso em 29 nov. 2017.
- FLEURY, Afonso; FLEURY, Maria Tereza Leme. Estratégias Empresariais E Formação de Competências: Um Quebra-cabeça Caleidoscópico Da Indústria Brasileira. Editora Atlas SA, 2000.
- KARIM, Azharul; Arif-Uz-Zaman, Kazi. A methodology for effective implementation of Lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. Business Process Management Journal, vol. 19, n. 1, pp. 169-196. 2013.
- KEEBLER, James S. et al. Keeping score: Measuring the business value of logistics in the supply chain. 1999.
- OHNO, Taiichi. O sistema Toyota de produção além da produção. Bookman, 1997.
- TAPPING, Dom; Shuker, Tom. Lean office: gerenciamento do fluxo de valor para áreas administrativas-8 passos para planejar, mapear e sustentar melhorias Lean nas áreas administrativas. São Paulo: Editora Leopardo, 2010.
- WOMACK, J; Jones, D. Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation. Simon and Schuster: New York, 1998

# Os Impactos Quantitativos e Qualitativos na Aplicação da Metodologia Seis Sigma

---

*Antonio Batocchio<sup>59</sup>, André Celso Scatolin<sup>60</sup>*

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas,  
São Paulo, Brasil

3M do Brasil, Sumaré, São Paulo, Brasil

## 1. Introdução

Nas últimas décadas, organizações em todo o mundo adotaram uma ampla variedade de programas de gerenciamento com o objetivo de aumentar a competitividade, através do aumento da satisfação de clientes e funcionários, juntamente com preços competitivos de produtos (Brkic e Tomic, 2016). E nesse contexto global, as empresas brasileiras tiveram a necessidade de ter um produto competitivo que agrega valor ao negócio dos clientes internos e externos, exigindo uma eficiência operacional cada vez maior. Também, nas últimas décadas, muitas metodologias e ferramentas isoladas surgiram com a finalidade de melhorar o rendimento das linhas de produção. No entanto, nenhuma conseguiu prover o alinhamento total com a estratégia central das empresas ou o envolvimento total das áreas de manufatura, de suporte e comercial. A metodologia Seis Sigma é uma estratégia para maximizar a qualidade dos processos, produtos e serviços de uma empresa através do uso de análises quantitativas e de ferramentas estatísticas na tomada de decisão, visando acelerar seu crescimento. A correta aplicação da metodologia Seis Sigma gera retorno várias vezes maiores do que os investimentos necessários para implementá-la. Qualquer modalidade

---

59 E-mail: batocchio@fem.unicamp.br

60 E-mail: acscatolin1@mmm.com

ou tamanho de empresa que atua em qualquer mercado pode utilizar as eficazes ferramentas de gestão para aumentar a participação no mercado, reduzir custos e melhorar seus processos. É um processo que permite às organizações incrementar seus lucros através da otimização de operações, melhoria da qualidade e eliminação de defeitos e erros. Esta abordagem ampla é que credita à metodologia Seis Sigma sua verdadeira importância na busca pela melhoria contínua e radical, e não apenas incremental. Segundo Zhang et al. (2015) é relatado a importância do Six Sigma, já que muitas das 500 maiores corporações no mundo implementaram o gerenciamento Six Sigma para melhorar a qualidade de seus produtos e serviços. Este trabalho tem o objetivo de mostrar a eficiência da aplicação da metodologia Seis Sigma para a redução das perdas num processo de manufatura.

## 2. Referencial Teórico

### O Seis Sigma

Seis Sigma é uma abordagem de melhoria de negócios que busca encontrar e eliminar causas de defeitos ou erros nos processos de negócios, concentrando-se nas saídas do processo que são crítica aos olhos dos clientes (Antony, 2011; Kosieradzka e Ciechanska, 2018). É uma iniciativa organizacional projetada para criar processos de manufatura, serviço ou administrativo que gerem no máximo 3,4 defeitos por milhão de oportunidade (DPMO). A ferramenta de melhoria empregada na implantação dos projetos Seis Sigma é o DMAIC: acróstico que representa: Definir-Medir-Analisar-

Implementar-Controlar” (Rasis e Gitlow, 2002). “A razão para o nome Seis Sigma foi porque ‘sigma’ é a medida estatística relacionada com a capacidade de um processo, ou a habilidade deste processo em produzir peças sem defeitos. No jargão estatístico, sigma é a medida da variação do processo ou o desvio padrão” (Klefsjo, Wiklund e Edgeman, 2001). No entanto, não se pode aceitar a ilusão de que Seis Sigma é a salvação para toda empresa. Deve-se fazer uma análise crítica e verificar se é a metodologia mais adequada dependendo do momento em que a empresa vive. De forma ampla, a aplicação da Metodologia Seis Sigma não se prende apenas a área de qualidade, mas a todos os processos de uma empresa. Seis Sigma visa fortalecer as necessidades de uma empresa em melhorar seus processos de forma contínua e sustentável. Através de um forte foco na capacitação de seus colaboradores, as empresas que implementam esta Metodologia têm a finalidade de impactar de maneira bastante agressiva nos lucros, provocar grandes evoluções nos seus processos internos, incentivar o crescimento e melhorar o aproveitamento dos seus funcionários. Portanto, essa estratégia de melhor desempenho de processos, melhor aproveitamento de recursos ma-



teriais e melhor atendimento ao cliente, reforçada por elevados investimentos em treinamento de pessoal incentivando a criatividade, faz do Seis Sigma uma metodologia que consegue promover o atendimento dos objetivos perseguidos pela empresa que o implementa, desde que uma análise crítica de custo x benefício seja realizada previamente. A metodologia Seis Sigma tem a finalidade de melhorar os processos, reduzindo variabilidade. A variabilidade é tratada como se fosse uma falha intrínseca ao processo, e desta forma, através de projetos de melhoria contínua e sustentável, se objetiva reduzi-la a níveis baixíssimos, visto que não existe processo sem variação (Rath & Strong, 2001). Segundo Harry (2000), Seis Sigma é primariamente uma iniciativa de negócios, e não apenas um programa de qualidade. O maior propósito é a redução do risco do negócio mais do que a simples idéia de redução de defeitos. Focando as fontes de risco comumente associadas com as operações ou processos internos, o risco de falhas que os clientes estarão expostos quando adquirem um produto ou serviço serão minimizados. Na visão Clássica, um processo extremamente otimizado atinge 99% de eficiência, enquanto para uma visão Seis Sigma, um processo só é considerado adequado quando a eficiência deste atinge 99,99966%.

Segundo Rath & Strong (2001), os níveis de erro considerando uma variação natural na média dos processos contínuos ao longo do tempo em até 1,5 sigma. Portanto, é usual que à estimativa de números de defeitos esperados seja feita considerando-se o processo deslocado em até 1,5 sigma ( $6 - 1,5 = 4,5$  sigma), pois se avalia a pior condição. Sendo assim, um processo 6 sigma, ao longo do tempo permitiria 3,4 defeitos em 1 milhão de oportunidades.

### 3. Método

Segundo Rath & Strong (2001), a metodologia Seis Sigma utiliza como ferramenta de condução o D-M-A-I-C, que é o acróstico que representa: Definir-Medir-Analisar-Implementar-Controlar. Também pode ser entendido como os substantivos destes verbos. Então o DMAIC é uma estruturada, disciplinada e rigorosa abordagem para alcançar a melhoria do processo composta pelos 5 passos ou fases descritas, na sequência, onde cada passo está logicamente ligado com o passo anterior assim como o posterior.

De acordo com Montgomery (2010), o melhor caminho para aproveitar uma situação é definir uma sequência de etapas que sejam capazes de controlar tal circunstância, desde a indicação do problema até a aplicação da solução, e um dos modelos mais utilizados para melhorias é o método DMAIC.

Segundo Lynch, Bertolino e Cloutier (2003) o DMAIC é análogo a um funil. Uma ampla oportunidade de uma empresa ter seu escopo progressivamente estreitado, inicialmente utilizando as definições de projeto Seis Sigma e posteriormente as ferramentas Seis Sigma. O resultado é um problema que pode facilmente ser entendido e rapidamente endereçado com um foco de mira “laser”.

A razão para se seguir esta metodologia rigorosamente é para garantir que as

desafiantes metas Seis Sigma sejam atingidas. Reforçando: 1. “Define” = Definir = Definição 2. “Measure” = Medir = Medição 3. “Analyze” = Analisar = Análise 4. “Improve” = Implementar a Melhoria = Implementação da Melhoria 5. “Control” = Controlar = Controle.

Baseado em Chowdhury (2001), abaixo está uma descrição superficial com a inserção de principais ferramentas de cada um dos passos que devem ser percorridos por um projeto que utiliza esta ferramenta:

**Definição:** primeiramente na Definição, os dados preliminares do projeto devem ser estabelecidos: a missão, o escopo, as métricas, o time, o tempo e o impacto financeiro estimados. Enfim, definir o projeto, os marcos iniciais e finais, os membros com respectivas responsabilidades da equipe, as métricas que indicarão se o projeto teve sucesso ou não e qual a estimativa de retorno que a empresa terá com a execução deste projeto.

**Medição:** o passo da Medição tem o objetivo de determinar a situação do processo até o momento do início do projeto, ou seja, determinar a situação atual ou situação corrente. Neste instante o processo é mapeado com suas respectivas etapas, identificando-se todas as variáveis de entrada e saída. Então, começa-se uma primeira priorização das variáveis de entrada utilizando a ferramenta Matriz de Priorização ou o Gráfico de Pareto. A verificação do sistema de medição também é realizada para garantir que os resultados sejam confiáveis. Também neste passo coleta-se o maior número de dados para que seja estabelecida a capacidade inicial do processo ou a linha de base, utilizando-se gráficos de controle. Segundo Breyfogle (2002), quando uma empresa está implementando Seis Sigma, ela necessita alinhar suas métricas e atividades de melhoria com as necessidades de negócios. Um desdobramento das métricas principais de negócios para as métricas departamentais deve ser definido de modo que os colaboradores foquem os esforços naquilo que realmente é importante. Muitas empresas que atualmente enfrentam problemas financeiros estariam com resultados melhores se seguissem às estratégias de negócios, em vez de ‘brincar com números’, ou seja, utilizar as métricas que lhes agradam internamente ou projetos com melhorias que não são reconhecidas pelos clientes.

**Análise:** após a Medição, vem o passo da Análise, onde se continua a priorização das variáveis de entrada através do entendimento das relações entre as causas e os efeitos do processo e potenciais fontes de variabilidade. Normalmente neste passo se utiliza a ferramenta Análise do Modo e Efeito das Falhas (“Failure Mode and Effect Analysis” - FMEA). Quando se dispõe de dados históricos do processo, pode-se utilizar também a ferramenta Análise Múltipla da Variância (“Multi-vari”) para se priorizar ainda mais as variáveis (já anteriormente priorizadas) e focar em apenas algumas variáveis os experimentos para a coleta de informação ativa. Muitas pequenas idéias de melhoria de rápida e fácil implantação, geralmente chamadas de “Quick Hits”, são também saídas deste passo.

**Implementação:** no passo 4, Implementação da Melhoria, são priorizadas as ações a serem implementadas com os prazos e responsáveis. Também neste passo, continua-se a entender ainda mais o efeito das (agora algumas poucas)

variáveis-chave de entrada nas variáveis de saída do processo. Este estudo final é normalmente auxiliado pela ferramenta de Delineamento de Experimentos (“Design of Experiments” - DOE), onde antes de se iniciar qualquer processo de melhoria por ‘tentativa e erro’, faz-se um detalhado planejamento a fim de se otimizar a quantidade de experimentos (que significa custo). Neste planejamento se determinam quais são os limites inferiores e superiores que serão aferidos às variáveis de entrada, a fim de determinar a amplitude do impacto nas variáveis-resposta do processo. Portanto, após a realização dos experimentos, define-se quais os valores otimizados das variáveis de entrada resultarão nas melhores variáveis de saídas.

Controle: finalmente, com as poucas variáveis de entrada críticas para o processo determinadas, bem como seus valores otimizados para se obter os valores desejados das variáveis de saída, um austero plano de Controle deve ser estipulado para que o processo seja previsível e consistente e, portanto, para que os ganhos conquistados pelo projeto sejam mantidos. O plano de controle é um documento formal (normalmente uma planilha) que estabelece e monitora a capacidade final do processo no longo prazo. Por fim, com a filosofia de sempre buscar o “entitlement”, determina-se os futuros projetos para se ‘construir a ponte’ visando o melhor desempenho possível, num processo contínuo.

## 5. Estudo de Caso

### 5.1 O Processo de Manufatura

Neste projeto, o processo de manufatura é composto por um equipamento que recebe uma quantidade pré-definida de fibras em uma esteira, que serão desfibradas ordenadamente e acumuladas num elemento rotativo até formar uma manta e posteriormente, prensadas para dar o formato final do produto: uma ‘concha’. Há no escopo deste projeto 2 produtos: concha e concha interna. A diferença destes 2 produtos apenas ocorre em fases posteriores e, portanto, está fora deste estudo. O objetivo deste processo de manufatura é produzir um produto final, o respirador descartável.

As características críticas de qualidade (‘CTQ = Critical to Quality’), ou seja, as qualidades procuradas pelo usuário ao utilizar os respiradores são: ajustar-se comodamente na face do usuário através do ajuste dos acessórios; permitir a livre passagem do ar da respiração do usuário retendo as partículas prejudiciais à saúde humana; não colapsar na face do usuário, durante a utilização (respiração).

Descrição do produto final manufaturado: respirador Descartável: composto por 4 partes: 1. uma concha de sustentação (fibra sintética e foco do projeto; dica 1: escopo); 2. meio filtrante (micro fibras tratadas eletrostaticamente); 3. parte externa (não-tecido que protege o meio filtrante); 4. acessórios (manter respirador firme na face do usuário): 2 bandas de elástico; 1 tira de espuma; 1 grampo de ajuste nasal.

A condução deste projeto seguiu a determinação do gestor da empresa de se utilizar o ‘Cronograma’ do DMAIC, com a finalidade de se unificar a comunicação entre todos os colaboradores. Como rotina de um projeto Seis Sigma, a equipe recebeu um desafio extra de concluir o projeto em 6 meses (mesmo sendo o primeiro projeto da área).

Cada ferramenta aplicada não será detalhada aqui, devido à limitação de espaço. Importante salientar que não foi possível utilizar a ferramenta de Estudo Multivari, devido à ausência de dados históricos sobre a reutilização de fibras neste processo e por isso, a equipe teve que obter dados ativos, ou seja, através do DOE. Também fica evidenciada a disciplina da equipe em seguir o prazo estipulado, em todas as fases do DMAIC (dica 2: disciplina). Depois de implementadas todas as melhorias do DOE e FMEA, mês a mês foram calculados e plotados os valores dos Y’s do projeto (Perdas e Taxa de Reciclagem, Resistência e Queda de Pressão). Após 1 ano de acompanhamento foram construídos os gráficos, como mostrado na figura 1, com os resultados das perdas e dos testes de controle dos CTQs.

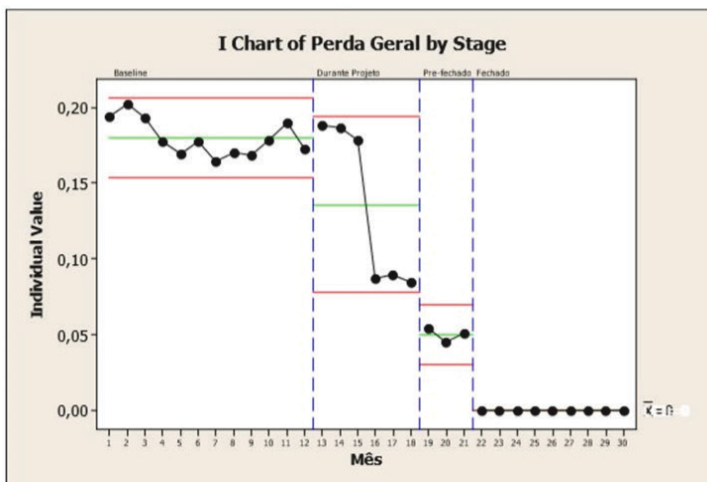


Figura 1: Gráfico do Plano de Controle das Perdas Total (Fonte: Scatolin, 2005)

O gráfico da Taxa de Reciclagem (Figura 2) nada mais é que o oposto da perda, ou seja, quanto maior a perda, menor a reciclagem. Como mostrado nos gráficos, 100% das fibras perdidas na primeira fase do processo, foram recuperadas e retornaram ao início do processo.

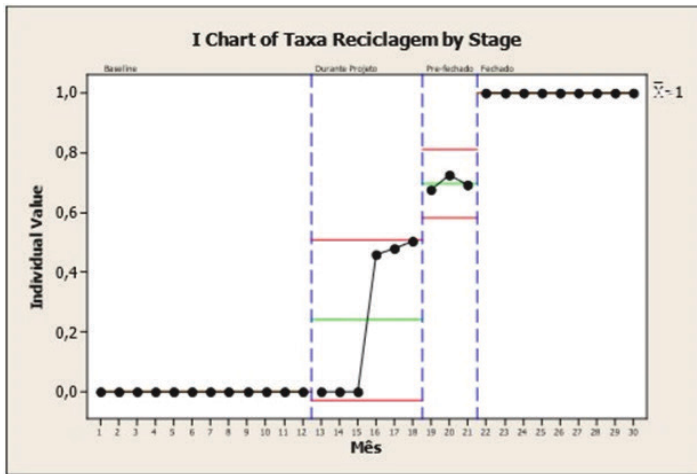


Figura 2: Gráfico do Plano de Controle da Taxa de Reciclagem (Fonte: Scatolin, 2005)

## 6. Resultados

O acompanhamento da economia foi então, a partir do mês 16, com 3 meses de ganho durante à execução do projeto. Como o acompanhamento dos ganhos por convenção da Metodologia Seis Sigma é de 12 meses (do mês 19: após pré-fechamento do projeto até o mês 30) os valores de ganhos dos meses 28, 29 e 30 são decrescidos dos ganhos dos meses 16, 17 e 18, respectivamente. Esta dedução é necessária para não duplicar o ganho anual e por outro lado, não deixar de capitalizar os ganhos durante à execução do projeto.

Os valores exatos de cada mês estão no Plano de Controle (Figura 4), sendo a parte em amarelo é previsão acumulada e a cor azul é a real acumulada.

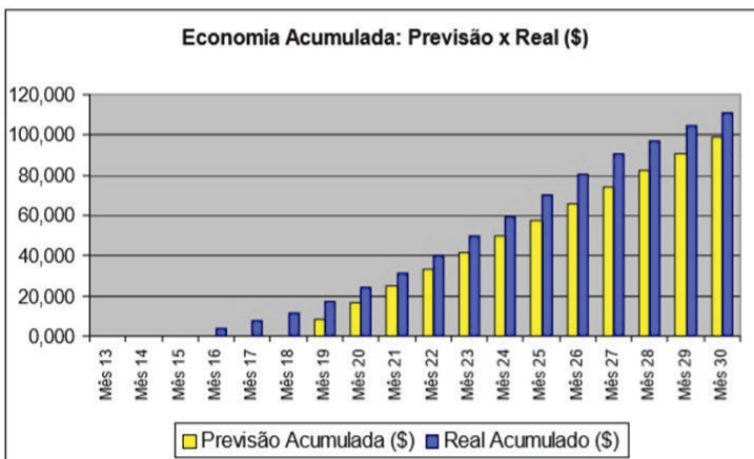


Figura 4: Gráfico da Economia Prevista e Real do projeto Respiradores (Fonte: Scatolin, 2005)

## 7. Conclusão

Devido a facilidade de comunicação dentro e fora da empresa que à implementa, a metodologia Seis Sigma é uma ferramenta gerencial, muito mais que uma ferramenta de qualidade. Seis Sigma é conduzido com uma sensata inter-relação de passos com adequadas ferramentas, com a finalidade de atacar e controlar fortemente a causa raiz do problema e, conseqüentemente, reduzir o número de defeitos, utilizando dados reais e análises estatísticas.

O objetivo deste trabalho foi mostrar à eficiência da aplicação da Metodologia Seis Sigma na redução das perdas de um processo de manufatura e após o término, conclui-se que o Seis Sigma realmente foi muito eficiente para este caso, pois permitiu:

a) ganhos quantitativos: as perdas inerentes do processo não foram ‘apenas’ minimizadas (a meta era reduzir de 18,0% para 1,8%), mas ainda melhor que a estimativa inicial que já era bastante agressiva, as perdas foram eliminadas, reduzindo os custos de manufatura;

b) ganhos qualitativos: os treinamentos e a mudança de cultura com relação à eliminação de perda inerente elevou o nível técnico dos membros da equipe envolvida no projeto.

O fato de se reduzir o uso de matéria-prima de recurso não renovável aumentou o comprometimento com o controle das variáveis críticas para manter os resultados. A motivação da equipe com os resultados positivos dos experimentos foi tão grande, que os ganhos quantitativos começaram a aparecer antecipadamente, logo após o experimento confirmatório no mês 16. Houve quebra de paradigma com relação à utilização de fibras prensadas no início do processo, uma vez que durante anos se acreditou não ser possível reutilizá-las sem alterar as características-chave do produto (Resistência e Queda de Pressão).

## Referências

- ANTONY, J. (2011) Six Sigma vs Lean: Some perspectives from leading academics and practitioners, *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 60 Issue: 2, pp.185-190, <https://doi.org/10.1108/17410401111101494>.
- BREYFOGLE III, F.W. Golf and Six Sigma. *Quality Progress*, 35, pp. 83-85, nov.2002.
- BRKIC, V.S. e Tomic, B. (2016) Employees factors importance in Lean Six Sigma concept, *The TQM Journal*, Vol. 28 Issue: 5, pp.774-785, <https://doi.org/10.1108/TQM-10-2015-0131>.
- CHOWDHURY, S. Working toward Six-Sigma Success. *Manufacturing Engineer*, 127, pp. 14, jul. 2001.
- HARRY, M.J. Abatement of business risk is key to Six Sigma. *Quality Progress*, 33, pp. 72-76, jul. 2000.
- KLEFSJO, B., Wiklund, H., Edgeman, R.L. Six Sigma seen as a methodology for Total Quality Management. *Measuring Business Excellence* 5, pp. 31-35, jan. 2001.
- KOSIERADZKA, A. e Ciechanska, O. (2018) Impact of Enterprise Maturity on the Implementation of Six Sigma Concept. *Management and Production Engineering Review* Volume 9 • Number 3 • September 2018 • pp. 59–70 DOI: 10.24425/119535.
- LYNCH, D. P., Bertolino, S., Cloutier E.T., How to Scope DMAIC Projects. *Quality Progress*, 36, pp. 37-41, jan.2003.
- MONTGOMERY, D. C. (2010) A Modern framework for achievement enterprise excellence. *International Journal of Lean Six Sigma*. V. 1, n. 1, p. 56-65.
- RASIS, D., Gitlow, H.S., Popovich, E. Paper Organizers International: A Fictitious Six Sigma Green Belt Case Study I. *Quality Engineering*, 15 (1), pp.127-145, 2002.
- RATH & Strong (Org.). *Six Sigma Pocket Guide*, 2. ed. Lexington, 2001, 192 p.
- SCATOLIN, André C. - Aplicação da Metodologia Seis Sigma na Redução das Perdas de um Processo de Manufatura. *Dissertação de Mestrado Profissional, Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP*, 2005.
- ZHANG, M.; Wang, W.; Goh, T.N. e He, Z. (2015) Comprehensive Six Sigma application: a case study, *Production Planning & Control*, 26:3, 219-234, DOI: 10.1080/09537287.2014.891058.

# Aplicação da Ferramenta de Gerenciamento de Riscos FMEA no Método de Projeto Axiomático: Um Estudo de Caso no Setor Automotivo

---

*Fabio Eduardo Hukai<sup>61</sup>, Felipe Araujo Calarge<sup>62</sup>, Fernando Tobar Berssaneti<sup>63</sup>*

1 Universidade Federal Fluminense – UFF – LabDGE, Rio de Janeiro, Brasil; 2 Universidade Estadual de Campinas - DEPMEC/CTC/UNICAMP - Campinas - Brasil; 3 Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, Brasil.

## 1. Introdução

O *Axiomatic Design* (AD) traduzido aqui como Projeto Axiomático é um método de desenvolvimento de produto consagrado e amplamente pesquisado no meio científico, é baseado em axiomas que são verdades aceitas, mas não comprováveis e que nunca foram falseadas (Suh, 1990). Este método auxilia a tomada de decisão referente a que caminho o projeto deve tomar, quais as melhores soluções além de guiar o aprimoramento e a atualização de produtos. Porém, a aplicação deste método não engloba a análise de riscos e falhas potenciais contidos nas soluções, ele busca nortear o processo utilizando principalmente dois axiomas, o da independência e o da informação, que determinam que um bom projeto deve ter independência entre requisitos funcionais e ser minimalista em seu conteúdo de informação.

Como forma de englobar as análises de risco e falha potencial no método de projeto, a ferramenta análise de modo e efeitos de falha potencial (FMEA) de projeto foi aplicada de forma integrada ao método AD, mapeando o desenvolvimento do projeto, documentando os modos de falha potencial e propondo meios de melhoria da qualidade.

---

61 E-mail do Autor Correspondente: fabio.hukai@yahoo.com.br

62 2 E-mail do Autor Correspondente: fcalarge@uninove.br

63 E-mail do Autor Correspondente: fernando.berssaneti@usp.br



Para tanto, um estudo teórico/conceitual (NAKANO, 2012) foi realizado utilizando uma caixa de câmbio automotiva, de variação contínua (CVT), atualmente comercializada. Este produto compõe veículos terrestres, de passageiros, para uso em estrada ou fora de estrada que em uma classificação orientada ao sistema de transmissão, por tipo uso, veículos de passageiros englobam os com potência abaixo de 75kW; os com potência acima de 75 kW e vans com PBT de até 3,5 t.

## 2. Referencial Teórico

Para o melhor entendimento da pesquisa e seus resultados, alguns conceitos foram pesquisados e aprofundados, identificando através de uma pesquisa bibliográfica transversal (MARCONI; LAKATOS, 2010) o estado da arte de cada um.

### 2.2 O método AD

Projeto Axiomático é um método científico de suporte ao desenvolvimento de projeto amplamente aceito (KULAK, 2010), que suportam a criação e a melhoria de soluções para um conjunto de necessidades.

Suh (2001) divide o processo de desenvolvimento de projeto em 4 domínios, o do consumidor contendo os atributos do consumidor (CA), o funcional contendo requisitos funcionais (FR), o físico contendo parâmetros de design (DP) e o de processos contendo parâmetros de processo (PV). Esses domínios são independentes, mas se relacionam durante o desenvolvimento do projeto obedecendo uma arvore hierárquica que se relacionam num processo de zigzag fazendo com que ocorra o desdobramento do item nos níveis hierárquicos inferiores. Dessa forma, um PV nasce de um DP que nasce de um FR que é definido por um CA.

Em alguns projetos existem restrições (C) que delimitam o projeto aceitável e expressam limitações e obrigações atribuídas às soluções. Existem dois tipos de restrições, as de entrada, que especificam objetivos abrangentes e as de sistema, que são resultado de decisões tomadas (Suh, 2001).

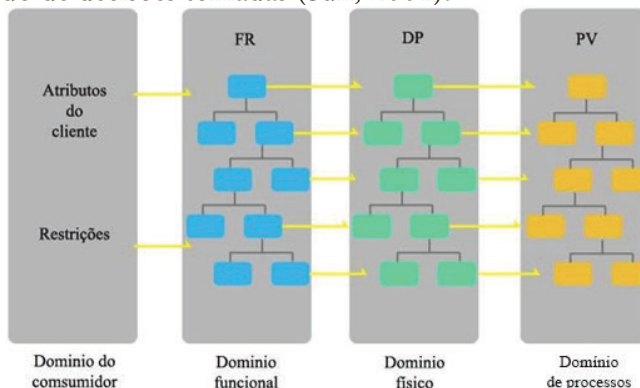


Figura 1 Domínios do universo de projeto

Fonte: autor

Este processo acontece obedecendo dois axiomas, o da independência que determina a independência entre os requisitos funcionais e o da informação que determina a minimização do conteúdo de informação.

Matematicamente a relação de dependência entre DPs e FRs são descritas por:

$$\{\text{FR}\} = |A|\{\text{DP}\}.$$

Onde  $\{\text{FR}\}$  é o vetor que descreve os FRs;  $\{\text{DP}\}$  é o vetor que descreve os DPs e  $|A|$  é a matriz que caracteriza o projeto.

Em geral, cada  $a_{ij}$  de  $A$  vem de uma relação entre o FR correspondente com seu DP, se a matriz  $A$  resultante deste projeto for diagonal, o projeto é chamado de uncoupled, se for uma matriz triangular o projeto é chamado de decoupled e se for uma matriz tradicional o projeto é coupled. Para satisfazer o axioma da independência o projeto deve ser uncoupled ou decoupled.

O conteúdo da informação para um dado DP é avaliado de acordo com a probabilidade que esta informação tem de suprir o FR correspondente, definido por:

$$I_i = \log_2 (1/p_i),$$

Onde  $p_i$  é a probabilidade de atingir o FR $_i$ .

Em qualquer situação de projeto a probabilidade de sucesso é dada pela tolerância que o projetista deseja alcançar (KULAK, 2010). A região comum dada pela sobreposição entre o conceito do projetista e a capacidade do sistema é a região onde uma solução aceitável existe, assim:

$$p_i = (\text{região comum}/\text{capacidade do sistema})$$

Portanto o conteúdo da informação pode ser descrito como:

$$I_i = \log_2 (\text{capacidade do sistema}/ \text{região comum}).$$

### 2.3 A análise de riscos e a ferramenta FMEA

A análise de riscos é um estudo de incertezas futuras, utilizada para avaliar o potencial efeito de um acidente em termos da sua probabilidade de ocorrência e da magnitude de suas consequências. Uma definição muito comum de riscos o representa como um trio cenário, probabilidades e consequências. Determinar o risco geralmente se refere a responder as perguntas: O que pode dar errado?; O quão provável é o evento? E quais são as consequências? (NASA, 2011). Existem diversas ferramentas propostas para esta análise, a aplicada neste trabalho é a FMEA.

A FMEA é uma ferramenta desenvolvida pela NASA na década de 60 para análise de riscos quando testes são impraticáveis e é aplicada como ferramenta de análise e prevenção de riscos, uma das técnicas de baixo risco mais eficientes para a prevenção de problemas (PALADY,1997).

A utilização do FMEA de projeto é uma técnica analítica usada durante o desenvolvimento de um projeto que permite o aumento da confiabilidade, qualidade e segurança; redução de custos e tempo de desenvolvimento; planejamento e implementação de ensaios e controles, e documentação do conhecimento e ações do projeto além de ajudar a alcançar as expectativas dos clientes.

Figura 3 Planilha de análise FMEA

Item/função	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Severidade	Causas potenciais da falha	Ocorrência	Controles atuais	Detecção	NPR	Ações recomendadas	Resp. e prazo	Resultados da Ação				
											Ações tomadas	Severidade	Ocorrência	Detecção	NPR

Adaptado de: Moura (2000)

A análise se dá através do preenchimento de um formulário que requer informações qualitativas sobre as falhas potenciais baseadas na experiência da equipe de projeto ou especialistas, estas informações se dividem em:

O Modo de Falha Potencial é definido como a maneira pela qual um componente, subsistema ou sistema potencialmente falharia ao cumprir o objetivo do projeto.

Os efeitos potenciais da falha são definidos como os efeitos do modo de falha na função, como percebido pelo cliente (i.e. barulho, inoperância, instabilidade etc.).

Severidade (S) é uma avaliação da gravidade do efeito do modo de falha potencial para o próximo componente, subsistema, sistema ou cliente, é aplicada somente ao efeito.

A Causa Potencial da Falha é definida como uma indicação de uma deficiência do projeto, cuja consequência é o modo de falha.

Ocorrência (O) é a probabilidade de um mecanismo/causa específico vir a ocorrer.

E a detecção (D) é uma avaliação da capacidade dos controles atuais do projeto.

Destas informações um número de prioridade de risco (NPR) é calculado utilizando os valores de S, O e D, que variam de 1 a 10 (MOURA, 2000):

$$NPR = S \times O \times D.$$

O NPR pode variar de 1 a 1000, nos NPR mais altos a equipe deve concentrar esforços para que este número seja reduzido, esses esforços são vistos nos campos seguintes:

Ações Recomendadas, que objetiva a redução dos índices de ocorrência, de severidade ou de detecção.

Responsável e Prazo, que indica a pessoa ou setor responsável pelas ações e o prazo de implementação.

Ações tomadas, que indica as ações que realmente foram implementadas.

E o NPR resultante que é uma nova análise das dimensões, após as ações serem implementadas (MOURA, 2000).

### 3. Método

Este trabalho é caracterizado como uma pesquisa aplicada (MARCONI; LAKATOS, 2010), com abordagem qualitativa (MARCONI; LAKATOS, 2010) e objetivo exploratório (MARCONI; LAKATOS, 2010).

Os métodos de pesquisa utilizados foram uma pesquisa bibliográfica com a finalidade de mensurar a produção científica (MARTINS, 2012) e entendimento aprofundado (NAKANO, 2012) dos assuntos pesquisados, e um estudo teórico/conceitual (NAKANO, 2012) que propõe uma forma de aplicar de forma integrada o método AD e a ferramenta de análise de riscos FMEA.

Para tal análise foram consultadas as bases de dados eletrônicas SCOPUS, Emerald Insight, Science Direct, Portal Capes, ProQuest e IEEE. Foram pesquisados artigos acadêmicos publicados entre 2010 e 2016; em periódicos e congressos; na língua inglesa.

As palavras chave utilizadas na pesquisa foram “axiomatic design” e risk. Os resultados então foram filtrados, limitando a busca ao campo de palavras chave contendo os termos “axiomatic design” e “risk assessment”. Após uma seleção manual foi observado que 81 artigos discutem ou aplicam de forma integrada o AD e alguma ferramenta de análise de riscos, 9 citam a ferramenta FMEA e destes somente 5 aplicam a ferramenta FMEA.

Para o estudo teórico/conceitual (NAKANO, 2012), foi utilizado um câmbio CVT, parte do sistema de transmissão que integra o trem de força de veículos atualmente comercializados. Segundo o modelo APEAL de J.D. Power e associados, os atributos associados ao trem de força e, em consequência, à caixa de câmbio são os de maior influência no grau de satisfação do cliente (RINKEVICH; SAMSON, 2004).

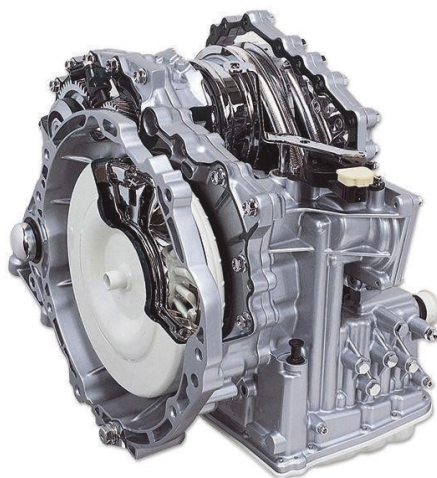


Figura 1 Cambio CVT

Fonte: Jatco Transmissions (2015)

Por esses fatores caixas de câmbio estão passando por uma evolução gradual, e um dos frutos dessa evolução é o surgimento da CVT, o único conceito de caixa de câmbio que consegue se atender de melhor forma as limitações de motores de combustão interna, variando a velocidade e o torque de saída de forma contínua mantendo o motor no ponto de melhor eficiência ou melhor potência.

## 4. Desenvolvimento da pesquisa

Sistemas de transmissão são produtos de produção em massa, de alto grau de complexidade e de tecnologia altamente desenvolvidas. Caixas de câmbio são parte essencial do sistema de transmissão de qualquer veículo terrestre. Atualmente tais veículos são impulsionados por motores de combustão interna, que são incapazes de produzir torque a partir do repouso, tem potência máxima em uma determinada rotação e consumo de combustível muito influenciado pelo ponto de funcionamento no mapa de performance (NAUNHEIMER ET AL, 2010). Essas características tornam caixas de câmbio indispensáveis visto que o veículo precisa variar sua velocidade de transito, atender a requisitos legais de eficiência e emissões além de requisitos dos clientes.

A definição dos CAs, Cs e dos DPs utilizados foram colhidos da pesquisa bibliográfica, que suporta os dados e métodos utilizados neste trabalho enquanto a aplicação do AD e do FMEA é feita de forma integrada. Cada etapa produziu resultados que foram analisados, relacionados e apresentados no decorrer deste artigo, a comparação do modelo do projeto com o modelo aprimorado do projeto e a redução do NPR serão usados como forma de validar a integração das ferramentas.

Para melhor entendimento deste trabalho, o seguinte diagrama foi desenhado com o intuito de clarear os caminhos percorridos.

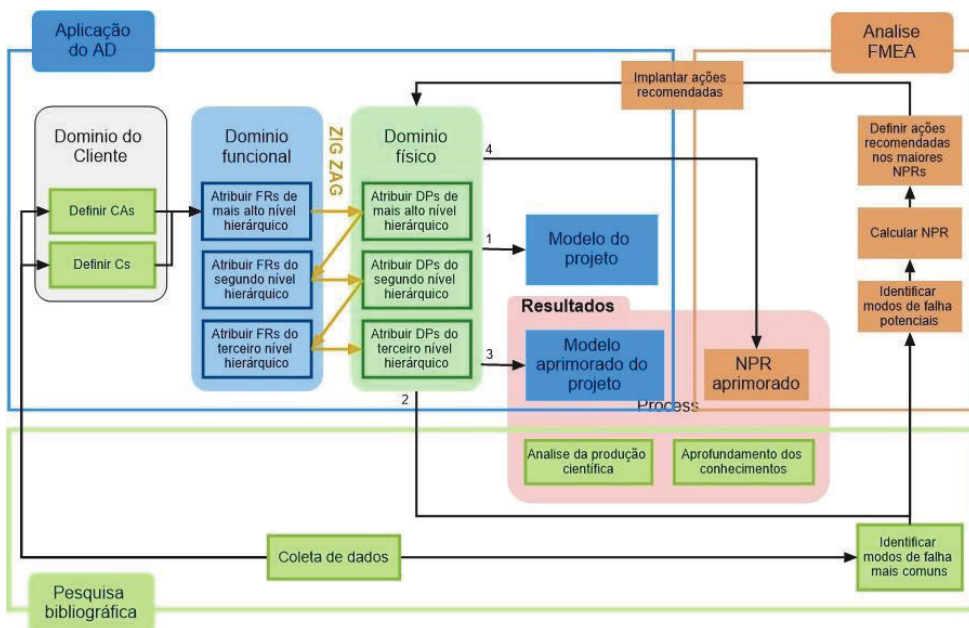


Figura 4 Estrutura de trabalho

Fonte: autor

#### 4.1 Definição dos atributos do cliente CA

A caixa de câmbio é parte do sistema de transmissão, que é parte do trem de força, que compõe o veículo. Por esse motivo deve cumprir funções básicas que independem dos consumidores (NAUNHEIMER ET AL, 2010), são elas:

Permitir o veículo sair do repouso;

Adaptar o fluxo de potência (variar torque e velocidade de saída, permitir reverso);

Permitir transmissão de potência ininterrupta (Potência positiva ou freio motor transmitidas com mínimo de perda);

Como as caixas de câmbios são parte que compõe um veículo, a montadora detentora da marca do veículo apresenta necessidades e expectativas com relação a esta peça que tem origem nas necessidades dos consumidores finais dos veículos. Além de valores tangíveis, cada marca tem o seu DNA, que são resultado do equilíbrio entre de percepção de performance, dirigibilidade, suavidade e capacidade de reboque (RINKEVICH, 2004). São esses:

Competitividade técnica (agrega valor intangível ao veículo);

Eficiência (auxilia a adequação a regulamentação de consumo de combustível e emissões de CO<sub>2</sub>);

- Emissões (ruído, óleo, etc.);
- Custo;
- Confiabilidade operacional;
- Facilidade de reparo;
- Adaptável (que possa atender aos atributos que compõem o DNA da marca).

#### 4.2 Definição das restrições do projeto

- a) Novas tecnologias aplicadas ao câmbio automotivo:  
As tecnologias aplicadas atualmente são as descritas na tabela a seguir:

**Tabela 2 – Classificação sistemática de sistemas de transmissão**

Tipos de transmissão												
Transmissão com Z marchas								Transmissões de variação contínua (CVT)				
Câmbio Manual		Câmbio automatizado		Câmbio automático com várias reduções		Tração híbrida com motores elétricos		Mecânico	Hidráulico			
Transmissão com engaste constante	Transmissão com engaste sincronizado	Transmissão semiautomatizada com engaste constante ou sincronizado	Transmissão automatizada com engaste constante ou sincronizado	Transmissão com duas embreagens DTC	Transmissão automática com contra-eixo	Transmissão automática convencional	Híbrido em série	Híbrido em paralelo	Híbrido de potência dividida	Transmissão com polia	Transmissão toroidal	Transmissão hidrostática
Com interrupção de potência				Sem interrupção de potência								
Partida com embreagem operada por pedal		Partida automática										
Troca de marcha manual		Troca de marcha automática				Conversão automática de torque e velocidade						

Fonte: Adaptado de Naunheimer et al (2010)

O câmbio deve ter uma tecnologia que tenha uma vantagem competitiva quando comparada com as existentes em aspectos chave que possam ser utilizadas em esforços de marketing e publicidade;

- b) Custo: O custo de cada câmbio varia significativamente e impacta diretamente o preço final do veículo. Os mais baratos são câmbios manuais, seguido dos câmbios automatizados, câmbios automáticos e por fim as CVTs. Em uma condição ideal o câmbio deve ter um custo semelhante a câmbios manuais, mas não podem extrapolar as CVTs, pois estas estão no limite do aplicável;
- c) Longevidade: O gráfico a seguir demonstra a demanda de distância percorrida de veículos de passageiros:

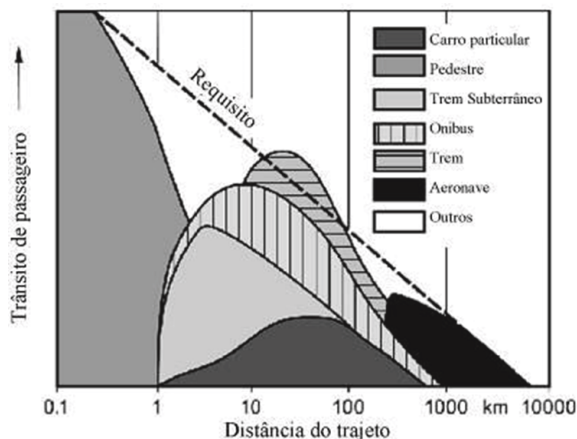


Figura 5 Distância de tráfego  
 Fonte: Adaptado de Naunheimer (2010)

Carros de passageiros tem que ter uma longevidade maior ou igual a 150000 km. O uso de todo veículo é misto, em vários terrenos. A definição atribuída pelo padrão CARLOS (Car Loading Standar) define a carga de uso que o veículo deve suportar baseado em algumas grandezas: Estilo de direção, massa do veículo, tipo de estrada e Fatores acidentais. Seus resultados são extrapolados utilizando simulações de computador;

- d) Confiabilidade operacional: O câmbio deve cumprir seu papel durante toda sua longevidade, sem apresentar falhas ou faltas, uma análise de FMEA foi aplicada para que essa restrição seja atendida. Sistemas de detecção de falhas devem existir, nos casos que a falha potencial tenha consequências desastrosas o sistema de detecção deve ser redundante;
- e) Eficiência: O movimento do sistema de transmissão consome energia. Esta energia consumida não contribui para o propósito do veículo, por isso é considerado perda, reduzir estas perdas se traduz em um aumento de eficiência;
- f) Limites de emissões: O funcionamento de todo veículo deve manter níveis de emissões que são regulamentadas por normas de qualidade. De acordo com a Resolução No 252 De 01 De Fevereiro De 1999, veículos de passageiros de até 9 lugares e de uso misto derivado do automóvel com motor dianteiro não devem ter nível de ruído superior a 95dB, e de motor traseiro de 103dB. A norma ISO 5128 regula níveis de níveis de ruído no interior do veículo, a velocidades constantes, sendo que a melhor pontuação é de menor de 64dB para veículos da categoria M1 (veículos de passageiro). Vazamentos de óleos, fluidos etc. não devem existir;
- g) Facilidade de reparo: Todas as partes do cambio devem ser pensadas de forma a ser facilmente reparadas, caso existam falhas ou faltas: Fácil ac-



so as partes que tem potencial de falha e partes que sofram desgaste, reparo e troca dessas partes devem ser feitas com ferramentas de fácil acesso e o procedimento de reparo e troca deve ser a prova de falhas (aplicação de poka-yoke):

- h) Permitir transmissão de potência ininterrupta: O fluxo de potência deve ser uniforme e ininterrupto, tanto do motor para as rodas como das rodas para o motor, de forma que o operador tenha total controle sobre o comportamento do veículo nestes aspectos:
- i) Adaptável aos requisitos do DNA da marca: DNA da marca varia trem de força, dinâmica de condução e plataforma. Os subatributos do trem de força são: percepção de performance, dirigibilidade, suavidade e capacidade de reboque.

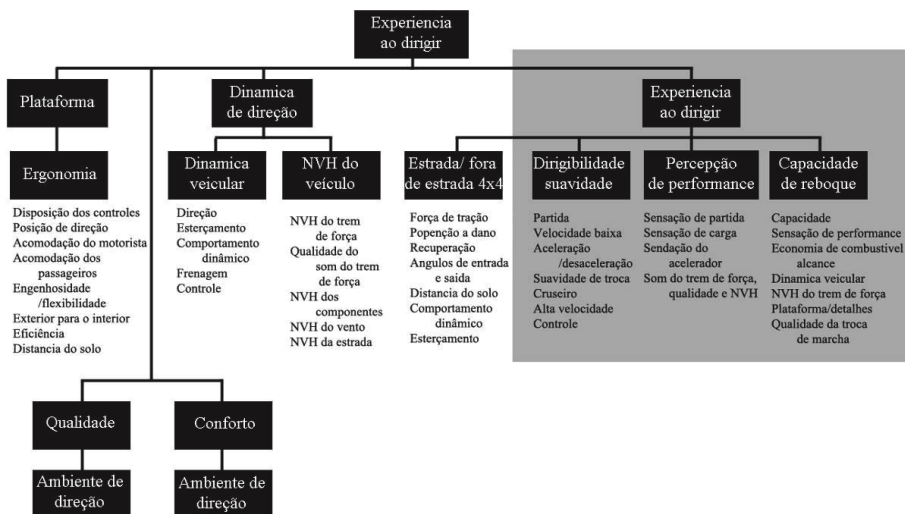


Figura 6 Experiência ao dirigir  
Fonte: Adaptado de Rinkevich (2004)

As relações internas de redução, assim como a curva de funcionamento do cambio (tendência de redução curta ou longa, etc.) devem ser facilmente reguláveis. A influência de cada parâmetro de design no funcionamento do cambio deve ser claro, um modelo matemático do funcionamento do cambio deve ser fornecido para que a montadora possa extrapolar as modificações a serem feitas a partir da necessidade. Além disso as partes que são influenciadas pela customização dos parâmetros de funcionamento devem ser facilmente trocadas e sua troca não deve agregar custo ao produto.

### 4.3. Aplicação do AD

Baseado nos CAs e nos Cs foram determinados dois FRs de hierarquia mais alta: Variar fluxo de potência e partida do repouso. Destes foram identificados

os DPs do cambio de referência que suprem estes FRs, iniciando o método de zig-zag para o desdobramento do projeto.

#### 4.3.1. Desdobramento dos FRs e DPs

Quando um projeto complexo está sendo desenvolvido, uma definição simples de DP para cada FR pode não ser suficiente (Suh, 2001), por isso é necessário o desdobramento dos FRs de maior hierarquia em FRs de menor hierarquia e para estes atribuídos novos DPs até que todos os FRs sejam satisfeitos. Os DPs foram baseados no funcionamento do cambio adotado como referência representado no diagrama a seguir.

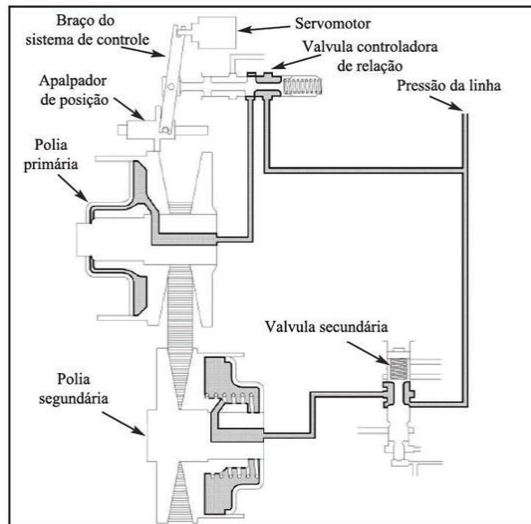


Figura 7 Diagrama de funcionamento do cambio CVT  
Fonte: Adaptado de Aamco (2015)

No processo de desdobramento de FRs e DPs, é utilizado uma árvore hierárquica que mostra o relacionamento do domínio funcional com o domínio físico, como visto na figura a seguir, que contém o desdobramento de três níveis hierárquicos:

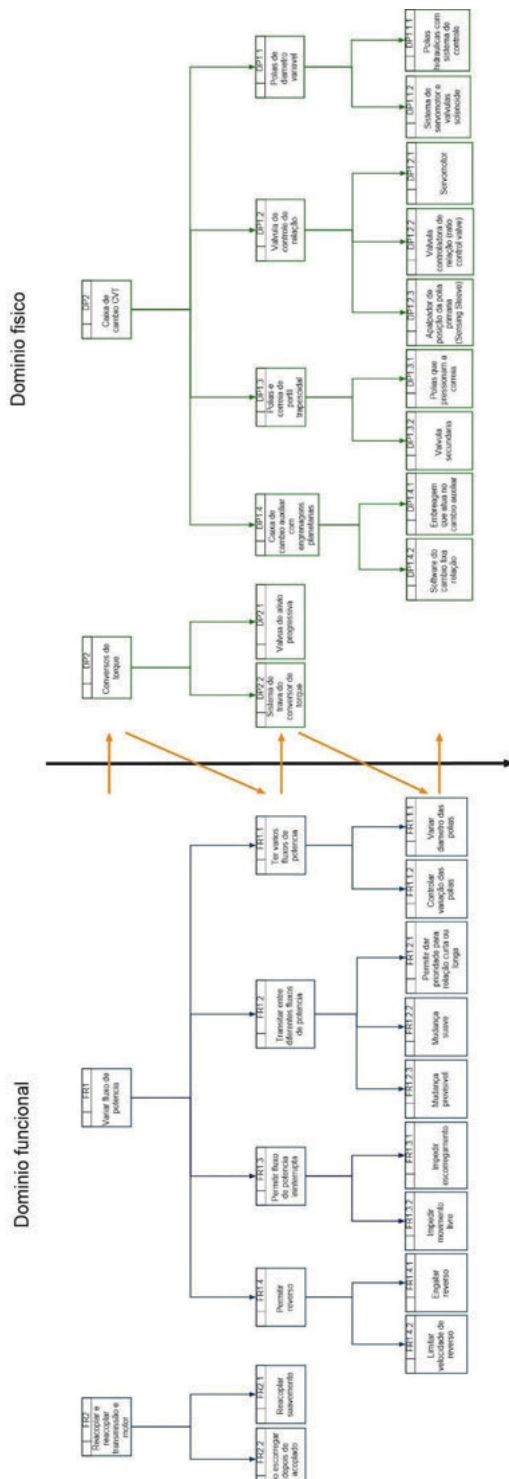


Figura 8 Arvore hierárquica de FRs e DPs

Fonte: autor

### 4.3.2. Matriz consolidada de projeto

Utilizando como coordenada a árvore hierárquica de FRs e DPs, o projeto pode ser descrito utilizando uma matriz consolidada que permite a análise da dependência entre os DPs e todos os FRs.

		DP	DP1								DP2		
			1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2
FR			1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2
FR1	1	1	x	x		x							
	2	1	x	x	x	x	x		x				
	3	1	x	x	x	x	x		x				
	4	1	x	x	x	x	x		x				
	5	2	x	x	x	x	x		x				
	6	3	x	x	x	x	x		x				
	7	4	x	x	x	x	x		x				
	8	2	x	x	x	x	x		x				
FR2	1											x	
	2												x

Figura 9 Matriz consolidada do projeto do cambio CVT

Fonte: Autor

Analisando a matriz consolidada de projeto é possível identificar locais que o projeto é coupled, violando o axioma da independência, o que indica uma possibilidade de aprimoramento da qualidade de projeto.

### 4.3.3. Aplicação da FMEA

Os DPs são soluções baseadas na experiência do responsável pelo projeto que podem conter riscos envolvidos. A ferramenta FMEA permite mapear esses riscos e reduzi-los aumentando a qualidade do produto final.

Neste trabalho foi aplicado a FMEA em um dado conjunto e DPs que apresentavam um alto grau de dependência com seus correspondentes DPs, uma região na qual o projeto se apresenta coupled.

		DP	DP1								DP2		
			1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2
FR			1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2
FR1	1	1	x	x		x							
	2	1	x	x	x	x	x		x				
	3	1	x	x	x	x	x		x				
	4	1	x	x	x	x	x		x				
	5	2	x	x	x	x	x		x				
	6	3	x	x	x	x	x		x				
	7	4	x	x	x	x	x		x				
	8	2	x	x	x	x	x		x				
FR2	1											x	
	2												x

Figura 10 Região de aplicação do FMEA

Fonte: Autor

Então os DPs analisados são: DP121 – Servomotor, DP122 – Válvula controladora de relação e DP123 – Apalpador de posição da polia primária. Estes DPs alimentaram a primeira coluna da tabela e deles os outros itens foram sendo preenchidos, baseados no manual de reparo e no manual de funcionamento do câmbio.

Item/função	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Severidade	Causas potenciais da falha	Ocorrência	Controles atuais	Deteção	NPR	Ações recomendadas
DP 121 Servomotor  - Indica a movimentação que a polia primária deve realizar, atuando na válvula controladora de relação	Não está mudando a relação da polia conforme instruções do módulo de controle	Não varia da relação do câmbio	7	Sinal estranho enviado ao servomotor	4	Sistema de autodiagnóstico embarcado (CONSULT-II)	4	112	Atuação eletro-hidráulica (controle elétrico de válvula solenoide progressiva)
DP122 Válvula controladora de relação  - Aplica pressão positiva ou negativa na polia primária para que esta se movimente	Não está mudando a relação da polia conforme instruções do módulo de controle	Não varia da relação do câmbio	7	Valvula intupida	4	CVT-36 - Procedimento de diagnóstico	6	168	Filtro de entrada na válvula solenoide
				Valvula travada aberta	4	CVT-36 - Procedimento de diagnóstico	4	112	Posicionamento da válvula fora da câmara que contém fluido hidráulico
				Valvula travada fechada	4	CVT-36 - Procedimento de diagnóstico	4	112	Posicionamento da válvula fora da câmara que contém fluido hidráulico
				Eixo atuante na válvula desafixado	3	CVT-36 - Procedimento de diagnóstico	6	126	Atuação direta da válvula na polia primária
	Muda a relação da polia de forma intermitente	Funcionamento imprevisível do câmbio	7	Eixo atuante na válvula mal fixado	3	CVT-36 - Procedimento de diagnóstico	6	126	Atuação direta da válvula na polia primária
				Sujeira no interior da válvula	4	CVT-36 - Procedimento de diagnóstico	6	168	Filtro de entrada na válvula solenoide
DP123 Apalpador de posição da polia primária  - Mede a condição de abertura e fechamento da polia primária e atua na válvula controladora de relação	Não está mudando a relação da polia conforme instruções do módulo de controle	Não varia da relação do câmbio	7	Apalpador desencaixado	5	Procedimento de teste e comparação com padrão CVT-236	6	210	Medição Eletrônica de posição
				Apalpador faltando	3	Procedimento de teste e comparação com padrão CVT-237	6	126	Medição Eletrônica de posição
	Muda a relação da polia de forma intermitente	Funcionamento imprevisível do câmbio	7	Apalpador com folga por desgaste	6	Procedimento de teste e comparação com padrão CVT-238	6	252	Medição Eletrônica de posição
				Apalpador com folga, danificado	4	Procedimento de teste e comparação com padrão CVT-239	6	168	Medição Eletrônica de posição

Figura 11 Tabela de análise FMEA

Fonte: Autor

Depois de feita a análise, são isolados os NPRs de maior valor e são recomendadas ações que podem influenciar na severidade, ocorrência ou na detecção dos modos de falha dessa forma reduzindo o valor de NPR.

## 5. Resultados

A aplicação da FMEA recomendou ações de melhoria que precisam ser inseridas no modelo do projeto e que devem atender aos CAs e aos Cs. As ações tomadas foram: Substituir o sistema por um que contenha uma válvula que atua diretamente na polia primária, eliminando a necessidade de um servomotor e de um apalpador reduzindo a qualidade de componentes e eliminando alguns dos modos de falha. A posição da abertura da polia passa a ser medida por um sensor linear de posição que tem menor ocorrência de falha e sua falha pode ser facilmente detectada pela central de comando. A montagem das válvulas fora da caixa de câmbio facilita a manutenção e a refrigeração das válvulas que sofrem aquecimento durante o funcionamento. Um sistema de filtragem mais eficiente com coletor magnético remove impurezas e previne o entupimento e travamento das válvulas.

Estas foram introduzidas na árvore do projeto aprimorado e um novo modelo de projeto foi feito, na figura a seguir foram destacadas as áreas modifica:

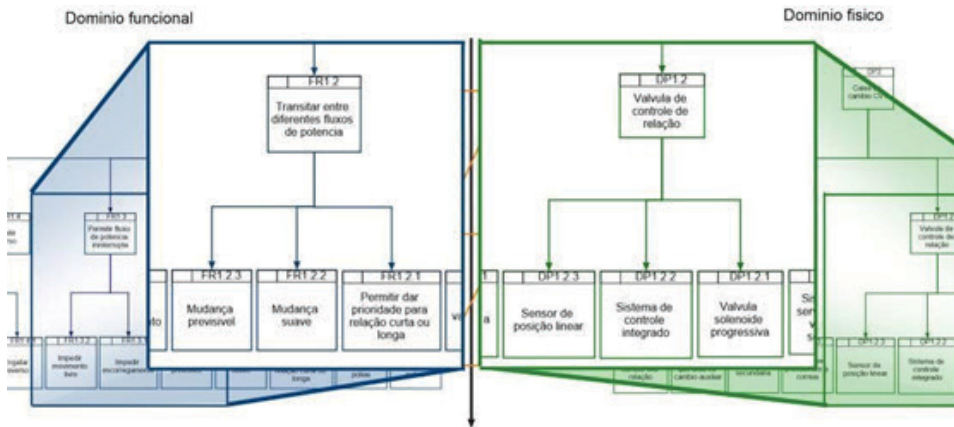


Figura 12 Arvore hierárquica de FRs e DPs, projeto aprimorado

Fonte: Autor

Com estas modificações, a matriz de projeto destes FRs e DPs também sofre alterações, resultando na seguinte matriz consolidada:

FR			1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2
FR1	1	1	x	x		x							
		2	x	x	x	x	x		x				
	2	1	x	x	x				x				
		2	x	x	x	x			x				
		3	x	x	x	x	x		x				
	3	1	x						x	x			
		2	x						x	x			
	4	1									x		
		2										x	

Figura 13 Matriz consolidada do projeto aprimorado

Fonte: Autor

A nova matriz de projeto (Matriz 2) apresenta melhorias quando comparada com a matriz de projeto anterior (Matriz 1), fica evidente que, na área que a análise FMEA foi feita e as modificações que foram aplicadas resultaram na transformação de um projeto coupled para um projeto decoupled.

$$\begin{Bmatrix} FR121 \\ FR122 \\ FR123 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} x & x & 0 \\ x & x & x \\ x & x & x \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} DP121 \\ DP122 \\ DP123 \end{Bmatrix} \text{(Matriz 1)}$$

$$\begin{Bmatrix} FR121 \\ FR122 \\ FR123 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} x & 0 & 0 \\ x & x & 0 \\ x & x & x \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} DP121 \\ DP122 \\ DP123 \end{Bmatrix} \text{(Matriz 2)}$$

A aplicação da FMEA também possibilitou a redução dos NPRs de todos os modos de falha potenciais, previstos na literatura, que foram melhorados significativamente, representando uma redução nos riscos envolvidos no projeto.

Item/Função	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Severidade	Causas potenciais da falha	Ocorrência	Controles atuais	Detecção	NPR	Ações recomendadas	Resp. e prazo	Resultados da Ação				
											Ações tomadas	Severidade Ocorrência	Detecção	NPR	
DP 121 Servomotor - Indica a movimentação o que a polia primária deve realizar, atuando na válvula controladora de relação	Não está mudando a relação da polia conforme instrução do módulo de controle	Não varia da relação do câmbio	7	Sinal estranho enviado ao servomotor	4	Sistema de autodiagnóstico embarcado (CONSULT-8)	4	112	Atuação eletro-hidráulica (controle elétrico de válvula solenóide progressiva)	-	Sistema atual substituído por sistema de válvula solenóide progressiva	7	1	4	28
DP122 Válvula controladora de relação  - Aplica pressão positiva ou negativa na polia primária para que esta se movimente	Não está mudando a relação da polia conforme instrução do módulo de controle	Não varia da relação do câmbio	7	Válvula entupida	4	CVT-36 - Procedimento de diagnóstico	6	168	Filtro de entrada na válvula solenóide	-	Implantado filtragem dupla e coletor magnético	1	6	42	
				Válvula travada aberta	4	CVT-36 - Procedimento de diagnóstico	4	112	Posicionamento da válvula fora da câmara que contém fluido hidráulico	-	Solenóide montado junto do corpo de válvula externo	2	4	56	
				Válvula travada fechada	4	CVT-36 - Procedimento de diagnóstico	4	112	Posicionamento da válvula fora da câmara que contém fluido hidráulico	-	Solenóide montado junto do corpo de válvula externo	2	4	56	
				Eixo atuante na válvula desafiado	3	CVT-36 - Procedimento de diagnóstico	6	126	Atuação direta da válvula na polia primária	-	Sistema de avanço com servomotor e apalpador substituído por sistema de válvula solenóide progressiva	1	6	42	
Muda a relação da polia de forma intermitente	Funcionamento imprevisível do câmbio	7	Eixo atuante na válvula mal fixado	3	CVT-36 - Procedimento de diagnóstico	6	126	Atuação direta da válvula na polia primária	-	Sistema de avanço com servomotor e apalpador substituído por sistema de válvula solenóide progressiva	1	6	42		
			Supra no interior da válvula	4	CVT-36 - Procedimento de diagnóstico	6	168	Filtro de entrada na válvula solenóide	-	Implantado filtragem dupla e coletor magnético	1	6	42		
DP123 Apalpador de posição da polia primária  - Mede a condição de abertura e fechamento da polia primária e atua na válvula controladora de relação	Não está mudando a relação da polia conforme instrução do módulo de controle	Não varia da relação do câmbio	7	Apalpador desancorado	5	Procedimento de teste e comparação com padrão CVT-236	6	210	Medição Eletrônica de posição	-	Sensor linear de posição com rolo de apoio apoiado na lateral da polia primária e secundária	1	2	14	
				Apalpador faltando	3	Procedimento de teste e comparação com padrão CVT-237	6	126	Medição Eletrônica de posição	-	Sensor linear de posição com rolo de apoio apoiado na lateral da polia primária e secundária	1	2	14	
	Muda a relação da polia de forma intermitente	Funcionamento imprevisível do câmbio	7	Apalpador com folga por desgaste	6	Procedimento de teste e comparação com padrão CVT-238	6	252	Medição Eletrônica de posição	-	Sensor linear de posição com rolo de apoio apoiado na lateral da polia primária e secundária	6	2	84	
				Apalpador com folga, danificado	4	Procedimento de teste e comparação com padrão CVT-239	6	168	Medição Eletrônica de posição	-	Sensor linear de posição com rolo de apoio apoiado na lateral da polia primária e secundária	4	2	56	

Figura 11 Tabela de análise FMEA

Fonte: Autor

É evidente a redução de todos os NPRs envolvidos nesta análise após a aplicação das ações recomendadas. Estas atuaram principalmente na redução das ocorrências e detecções dos modos de falha, tornando o sistema mais confiável, com maior qualidade e atendendo melhor aos Cs do projeto vistos na aplicação do AD.

Os sistemas nos quais foram aplicadas as ferramentas são uma parte de um conjunto que supre o funcionamento fundamental do câmbio, por isso a severidade dos modos de falha não pode ser tratada, para tanto uma intervenção mais profunda no projeto teria que ser adotada.



## 6. Conclusão

Este estudo aplicou a ferramenta FMEA integrada ao método AD, foram consideradas as recomendações de diversos autores que destaca a importância de identificar de forma correta os CAs e Cs para que os FRs fossem determinados de forma correta. A pesquisa bibliográfica proveu conhecimento teórico e prático importante para todo desenvolvimento e serviu de alicerce para todas os caminhos tomados durante a pesquisa, os resultados obtidos apontam para a viabilidade da integração das duas ferramentas, provendo resultados satisfatórios no processo de projeto de produto, a ferramenta FMEA pode preencher lacunas no processo de tomada de decisão associada a qualidade e análise de riscos do AD provendo o aumento da qualidade e redução dos riscos associados ao projeto.

Contudo, estes resultados estão sujeitos a limitações, o pequeno número de publicações que propõem e aplicam a integração do FMEA e do AD, fazem deste trabalho inovador, mas ao mesmo desafiador, de certa forma limitando a abrangência desta pesquisa, em projetos complexos, a modelagem do projeto utilizando AD pode se tornar extensa e complexa e o grande número de DPs implica em um grande número de análises FMEA, por este motivo o estudo se concentrou em uma área do projeto que não satisfazia o axioma da independência. Também, dados apresentados aqui são uma análise parcial dos resultados, pois trata-se de uma pesquisa em andamento. Uma sugestão para futuras pesquisas é a extensão deste trabalho de pesquisa, ampliando a aplicação da integração destas ferramentas em toda a extensão do projeto.

# Referências

- AAMCO TRANSMISSIONS TOTAL CAR CARE: JF010/11E CVT Manual. 2015.
- KULAK, OSMAN; CEBI, SELCUK; KAHRAMAN, CENGIZ: Applications of axiomatic design principles: A literature review. *Expert Systems with Applications*, Volume 37. 2010.
- LIU, HU-CHEN; LIU, LONG; LIU, NAN: Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis: A literature review. *Expert Systems with Applications*, Volume 40, Issue 2, Pages 828-838, February 2013.
- MARCONI, MARIA DE ANDRADE; LAKATOS, EVA MARIA: *Técnicas de Pesquisa*. São Paulo: Atlas S.A., 2006.
- MARTINS, R.A.: Abordagens quantitativa e qualitativa. In: CAUCHICK MIGUEL, P.A.C. (Coord.). *Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*. 2. ed. São Paulo: Elsevier, 2012.
- MOURA, CÂNDIDO: *Análise De Modo E Efeitos De Falha Potencial (Fmea): Manual De Referência*. IQA – Instituto da Qualidade Automotiva, 2000.
- NASA: *Probabilistic Risk Assessment Procedures Guide for NASA Managers and Practitioners*. 2. Ed. Washington, DC, 2011.
- NAKANO, DAVI NOBORU: Métodos de pesquisa adotados na Engenharia de Produção e gestão de operações. In: MIGUEL, P.A.C. (Coord.). *Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*. 2. ed. São Paulo: Elsevier, 2012.
- NAUNHEIMER, HARALD; BERTSCHE, BERND; RYBORZ, JOACHIM; NOVAK, WOLFGANG: *Automotive Transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application*. 2 ed. Springer, 2010.
- NISSAN: *Murano servisse manual: CVT section*. 2006.
- PALADY, P. *FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos: Provendo e prevenindo problemas antes que ocorram*. Tradução Outras Palavras, São Paulo: IMAN, 1997.
- RINKEVICH, DANIEL J.; SAMSON, FREDERICK P.: *An Improved Powertrain Attributes Development Process With The Use Of Design Structure Matrix*. Massachusetts: MIT, 2004. 158 p. Tese (Mestrado) - Master of Science in Engineering and Management, Massachusetts Institute of Technology, 2004.
- SUH, N.P.: *The Principles of Design*. , New York: Oxford University Press, 1990.
- SUH, N.P.: *Axiomatic Design*. New York: Oxford University Press, 2001.

# Avaliação De Unidade De Saúde Recorrendo À Metodologia Baldrige E Lesat: Um Caso De Estudo De Um Hospital Da Região De Macaé -RJ

---

*Alexandre Beraldi e Robisom Damasceno Calado, PhD*

LabDGE - Laboratório Design Thinking Gestão e Engenharia Industrial<sup>2</sup>, Escola de Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense (UFF)<sup>1,2</sup>, Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brasil

## 1. Introdução

O atual cenário das organizações exige de forma permanente que as mesmas se mantenham competitivas ao longo de sua existência. Para Bhagat (2017), a redução de barreiras para negociação entre países imposta pela globalização, a utilização de mão de obra oriunda de diversos países, administração de grande quantidade de dados não estruturados e o foco no desenvolvimento de habilidades para satisfação dos clientes são questões imperativas para que as empresas continuem existindo.

No que tange a saúde no setor público segundo Medici, (2017) existem muitos desafios associados à falta crônica de planejamento e gestão, ao crescimento do setor baseado mais no clientelismo político do que nas necessidades da população, à iniquidade na forma pela qual os investimentos e os recursos de custeio do setor são distribuídos e à ineficiência de um setor que não se organiza para alcançar resultados, recompensar os sucessos e penalizar os fracassos. Ainda segundo Medici, (2017) o setor público de saúde no Brasil, pela forma como se organiza, nunca terá o financiamento que necessita, porque qualquer recurso adicional que se coloque acaba vazando pelos ralos de ineficiência do sistema.

Segundo Salomão, (2014) uma pesquisa realizada pelo instituto Datafolha

a pedido do Conselho Federal de Medicina (CFM) aponta que 93% dos brasileiros avaliam os serviços público e privado de saúde como péssimos, ruins ou regulares. Entre os usuários do Sistema Único de Saúde (SUS), 87% dos entrevistados declararam insatisfação com os serviços oferecidos, a pesquisa ouviu 2.418 pessoas em todas as cinco regiões do país.

Para Salomão (2014) outro ponto destacado pelos entrevistados foi o tempo de espera para o atendimento no SUS. Das pessoas ouvidas, 725 (30%) disseram estar esperando a marcação ou realização de algum serviço no Sistema Único de Saúde ou disseram que têm alguém da família nessa situação. Destes 725, 24% disseram que estão na fila de espera há até um mês; 47% disseram aguardar o atendimento há entre um e seis meses; e 29% dizem que aguardam na fila do SUS há mais de seis meses - algo em torno de 210 pessoas.

Segundo IBGE, (2017) em 2015, o consumo final de bens e serviços de saúde no Brasil foi de R\$ 546 bilhões (9,1% do PIB). Desse total, R\$ 231 bilhões (3,9% do PIB) corresponderam a despesas de consumo do governo e R\$ 315 bilhões (5,2% do PIB), a despesas de famílias e instituições sem fins de lucro a serviço das famílias.

Para Bertani, (2012) o ambiente hospitalar pode ser compreendido como o de qualquer organização que transforma uma informação inicial ou input em um resultado ou output. Deste modo, é considerado um tipo de sistema de produção, sendo este a unidade de transformação composta por operações, tendo como entrada: pacientes doentes, materiais infectados, consumo de medicamentos, entre outros, nos quais resultarão em pacientes saudáveis, materiais esterilizados e faturamento.

Segundo Battaglia (2014), o interesse no uso do pensamento Lean no sistema de saúde brasileiro é crescente e o assunto começa a ganhar repercussão, seguindo tendências observadas no resto do mundo. Para Malmbrandt (2013), a pesquisa sobre o sobre Lean em serviços como o de saúde está em sua infância, é importante avançar, mudando o foco das contribuições descritivas para o desenvolvimento de definições operacionais de práticas Lean, como aconteceu no campo de pesquisa mais maduro da Manufatura Lean.

Segundo Piercy, (2015) para o gerenciamento de operações, o Lean atende a uma ampla gama de resultados de sustentabilidade além dos benefícios ambientais (incluindo monitoramento de suprimentos, transparência, tratamento da força de trabalho e engajamento da comunidade). Do ponto de vista dos sistemas, o Lean fornece base social para a sustentabilidade e combina com um sistema técnico para implementar melhorias, enquanto a sustentabilidade proporciona uma base social para o lean.

## **1.1 Justificativa**

A escolha desse estudo se da pelo fato do pesquisador possuir acesso ao campo de pesquisa. Na unidade hospitalar observada é possível perceber um ambiente em que os processos não estão bem definidos, como por exemplo a falta de mapeamento das atividades e responsabilidades dos funcionários, o que coloca

em risco o atendimento às várias expectativas de seus clientes. Além disso, percebem-se algumas consequências desta indefinição dos processos, como excessiva ociosidade dos funcionários, retrabalhos em etapas dos processos, baixa autonomia dos funcionários para resolução de problemas, o que gera uma dependência excessiva de validações da gestão, além de elevados custos por conta da falta de uma boa administração dos insumos e má utilização dos equipamentos.

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo geral

O objetivo desse estudo e o de realizar o diagnóstico de uma unidade hospitalar da região norte fluminense, com o intuito de enquadrar essa unidade de acordo com o seu grau de maturidade recorrendo à metodologia *Baldrige* e LE-SAT. Esse estudo tem como propósito gerar contribuição para o conhecimento acadêmico e ser um estímulo na ajuda de empresas públicas e privadas do ramo da saúde, nas suas atividades de planejamento e gestão.

### 2.2 Objetivos específicos

O planejamento das atividades e resultados esperados regem-se pelos objetivos de pesquisa das práticas de gestão *Lean Healthcare*, contribuindo para a formação de profissionais do hospital colaborador, estímulo na melhoria inerente à qualidade e à produtividade do hospital pesquisado, sendo posteriormente identificados os principais objetivos específicos:

- Revisão bibliográfica com o intuito de adquirir um *Know-how* capaz de permitir ao investigador conhecer as melhores práticas de ferramentas de apoio à gestão como é o caso do *Lean Healthcare* e a sua viabilidade no que à implementação num ambiente de saúde diz respeito;
- Realizar o diagnóstico da unidade hospitalar no ambiente de serviço de saúde, com o intuito de a enquadrar de acordo com o seu grau de maturidade;

## 3. Referencial Teórico

### **LEAN HEALTHCARE**

Segundo KRUGER (2017) é um modelo focado na racionalização de recursos e na melhoria contínua, por meio de processos simples para gerar mais valor às necessidades dos clientes. A ideia principal é maximizar valor ao cliente por meio da oferta de um produto ou serviço adequado, no tempo certo, com

alta qualidade e preço justo. Essa metodologia pode ser adotada facilmente em diversos tipos de instituições de saúde, como hospitais, clínicas, laboratórios, sejam públicas ou privadas. Com a aplicação do *Lean Healthcare*, gestores e profissionais da saúde terão soluções inteligentes para melhorar a qualidade no atendimento ao paciente, reduzir custos, otimizar processos e aumentar produtividade e rentabilidade (KRUGER, 2017).

Essa abordagem permite melhorar o atendimento dos pacientes e ainda promove o engajamento integral de funcionários e médicos na melhoria contínua, tudo isso procurando eliminar desperdícios que não agregam valor. Organizações de saúde e fábricas como a Toyota têm em comum o desafio de fornecer produtos de alta qualidade em ambientes de recursos limitados, enquanto gerenciam um negócio complexo e garantem a segurança e satisfação de funcionários e pacientes. Ambas as indústrias necessitam de sistemas altamente confiáveis que garantam maiores qualidade, satisfação e eficiência (KIM *et al.*, 2006). Os mesmos desperdícios estão presentes também no ambiente hospitalar, conforme exemplificado por Simões (2009). Segundo o autor, Lean também significa maior descentralização, maior autorização de decisão, maior capacidade e flexibilidade, maior produtividade, maior satisfação do cliente, e, sem dúvida, maior sucesso competitivo a longo prazo.

Os princípios do Lean aplicados à saúde seriam benéficos para o processo por diversos motivos. As instituições de saúde são organizadas em silos e, frequentemente, a única pessoa que vê o fluxo do paciente como um todo é o próprio paciente (SIMÕES, 2009). O ambiente de saúde inclui desafios especiais da perspectiva da gestão, relacionando-se, algumas vezes, com questões gerenciais comuns de cuidados da saúde (JORMA *et al.*, 2015).

## 4. Metodologia

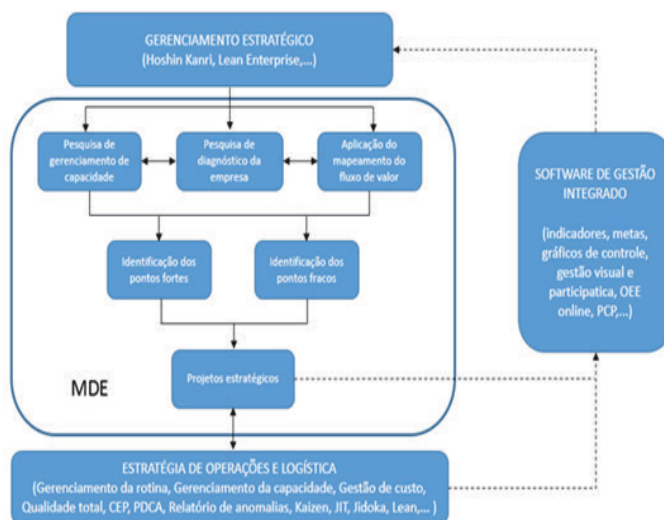
Neste projeto será utilizada como base a metodologia LESAT que segundo Nightingale (2002), é uma ferramenta de auto avaliação do estado atual de uma empresa e sua disponibilidade à mudança e que se encontra organizada em três seções de avaliação: Transformação Lean / Liderança, Processos de ciclo de vida e Habilitar a infraestrutura.

Adicionando-se a anterior conforme Eastman, (2009) o prêmio nacional de qualidade Malcolm *Baldrige* reconhece as organizações norte-americanas no negócio, cuidados de saúde, educação e setores sem fins lucrativos para a excelência do desempenho, o programa *Baldrige* educa organizações em gestão de excelência de desempenho e administra o Prêmio Nacional de Qualidade Malcolm *Baldrige* que auxilia as organizações a alcançar o melhores níveis de desempenho, identificar e compartilhar melhores práticas, princípios e estratégias de gerenciamento. A metodologia MDE (Método de Diagnóstico de Empresa), usada neste trabalho é um método de estudo e qualificação do nível e maturidade da empresa, onde se dá a observação e a avaliação dos resultados, através

da aplicação de um conjunto de métodos e ferramentas segundo a abordagem Lean.

O MDE implica reunir e sistematizar informações relacionadas com diversos aspectos da gestão empresarial que nem sempre são conhecidas por todos e normalmente muitas informações não são expressas e utilizadas nas tomadas de decisões (CALADO *et al.*, 2014).

**Figura 1 - Método de Diagnóstico de Empresa – MDE**



Fonte: Adaptado de (Calado *et al.*, 2014)

Do ponto de vista do estudo o método conta com três grandes eixos: A aplicação do Fluxo de Valor, a Pesquisa de Gerenciamento da Capacidade e a Pesquisa de Diagnóstico da Empresa. Ressaltando-se que a auto avaliação e o levantamento das evidências, geram a identificação dos pontos fortes e pontos fracos que traduzem em possíveis melhorias a serem realizadas.

## 5. Estudo de Caso

A empresa objeto de estudo em questão é uma unidade denominada Centro de Atendimento Especializado em Saúde - CAES pertencente ao núcleo de atenção básica, sendo os seguintes pontos objeto de seus principais serviços e atendimento: Odontologia; Clínica médica; Ginecologia; Pediatria; Infectologia; Pneumologia; Cardiologia; Nefrologia; Endocrinologia; Dermatologia; Urologia; Angiologia; Homeopatia; Psiquiatria; Assistência social; Psicologia; Nutrição; Controle de endemias; Serviço de laboratório; Serviços de enfermagem (curativo, aferição de sinais vitais, administração de medicação, vacinação de adultos e crianças, teste do pezinho); Consultas de enfermagem; Coleta de preventivo, Pré-natal por enfermeiros e médicos; Dispensação de medicamen-

tos da grade e extra grade; Serviço de recepção; Serviço de telefonia; Serviço de limpeza; Serviços administrativos e logísticos; Atendimento aos programas de Hanseníase; Pneumologia sanitária; Renal crônico.

## 6. Resultados

Os inquéritos, uma vez preenchidos foram introduzidos numa folha de cálculo (Ms Excel) com o propósito de tratar os dados provenientes das classificações atribuídas pelo entrevistado e dessa forma obter resultados conclusivos sobre os pontos fortes e fracos da instituição, não negligenciando o entrevistado em questão e as especificidades do seu cargo, assim como as características da unidade hospitalar.

O processo de tratamento de dados passou por introduzir os valores inerentes à classificação atribuída pelo entrevistado, resultando na média da classificação de cada questão em particular. As questões referidas encontram-se subdivididas em tópicos. Tópicos esses que englobam um determinado número de questões referentes ao mesmo e para os quais é calculada igualmente uma média.

Os inquéritos, como fora mencionado anteriormente, têm como base a congregação de duas ferramentas, sendo estas o LESAT e o prémio Baldrige, que quando conjugadas possibilitam a aferição de resultados no que concerne ao posicionamento da instituição no que à prática e performance diz respeito.

Neste contexto é importante definir o conceito de práticas e performance:

- Práticas são os processos implementados na empresa/instituição para melhorar a gestão do negócio, ou seja, são as ferramentas de gestão e tecnológicas implementadas na organização. Estas incluem aspetos organizacionais, como o envolvimento dos colaboradores e trabalho em equipe;
- Performance refere-se aos resultados mensuráveis dos processos previamente implementados na organização, como: volume de material em processamento, tempos de ciclo e impactos no resultado do negócio, como participação no mercado, nível de satisfação dos clientes e moral dos colaboradores.

Relativo a aferição dos resultados do entrevistado foi possível verificar que algumas questões não tinham nota associada uma vez que o entrevistado não tinha conhecimento, porque não era aplicável na instituição ou mesmo podendo ser aplicada não era das competências requeridas para o desempenho do cargo.

A toda questão cuja classificação não tenha sido atribuída, foi arbitrada nota 1. Esta atribuição não é de todo pacífica, uma vez que dependendo de algumas questões que abordam temáticas não aplicáveis ao colaborador, ou mesmo à organização pois cada instituição tem especificidades de acordo com as suas características.



	Indicadores de Desempenho	Média
BALDRIGE	1.1 Liderança (PR)	2,6
	1.2 Governança (PR)	2,3
	2.1 Desenvolvimento Estratégia (PR)	1,5
	2.2 Implementação Estratégia (PR)	1,9
	3.1 Voz do Cliente (PR)	2,0
	3.2 Engajamento dos Clientes (PR)	2,3
	4.1 Medição e Melhoria (PR)	1,8
	4.2 Gestão em TI (PR)	2,6
	5.1 Ambiente RH (PR)	1,7
	5.2 Engajamento Força de Trabalho (PR)	1,6
	6.1 Sistema de Trabalho (PR)	1,8
	6.2 Processo de Trabalho (PR)	3,3
	7.1 Resultado Processo de Saude (PF)	2,0
	7.2 Resultado Focado no Cliente (PF)	2,0
	7.3 Resultado Força de Trabalho (PF)	3,5
7.4 Resultado Liderança e Governança (PF)	1,8	
7.5 Resultado financeiro e Mercado (PF)	1,0	
LESAT	8.1 Transformação Lean (PF)	2,0
	8.2 Ciclo de Porcessos no serviço de saúde (PF)	1,7
	8.3 Facilitar Infraestrutura (PF)	2,3

Prática (PR)	2,1	42%
Performance (PF)	2,0	41%

Os tópicos de 1 a 7 dizem respeito à metodologia do prémio Baldrige, ao passo que o tópico 8 é composto por questões que resultam da metodologia LESAT. Os tópicos de 1 a 6, sombreados de forma mais clara, são compostos por questões que pretendem aferir as práticas e os tópicos 7 e 8, sombreados de forma mais escura dizem respeito a questões relacionadas com a performance da instituição. A última coluna da tabela apresenta o resultado médio das perguntas que integram cada tópico. As duas últimas linhas da tabela apresentam a média das médias para os tópicos referentes às práticas e para os tópicos referentes à performance, respetivamente. Conforme se verá essas duas últimas linhas permitem definir o posicionamento da organização.

Os resultados obtidos pela organização podem também ser apresentados sob a forma de um gráfico radar, que poderá permitir uma interpretação mais fácil dos resultados. O gráfico radar obtido para a unidade hospitalar que serviu de caso de estudo encontra-se apresentado no Gráfico 1. Analisando o Gráfico 1. são perceptíveis alguns pontos fortes e fracos da instituição.

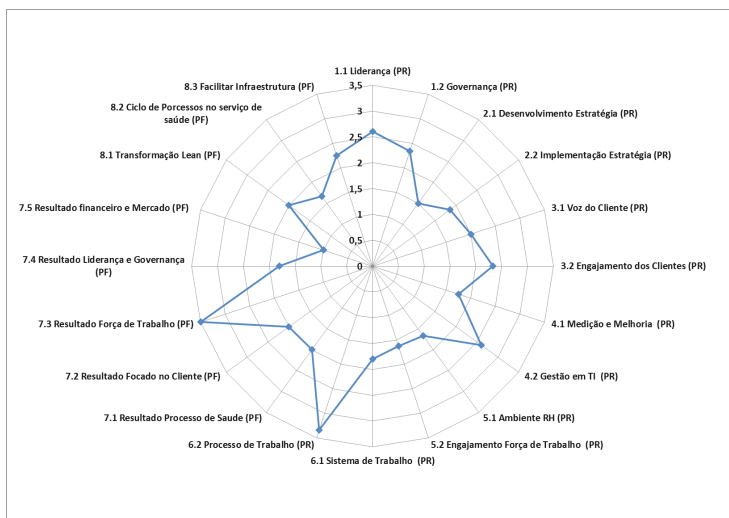


Gráfico 1 Gráfico Radar com a classificação dos Indicadores de Desempenho.

Os resultados permitem concluir uma boa prática por parte da instituição nos tópicos referentes Resultado Força de Trabalho, Processo de Trabalho, Liderança e Gestão de TI, assumindo-se estes como 4 pontos fortes.

Sendo a amostra um teste piloto de aplicação constituída por 1 pessoa de cargo superior e da Gestão de topo é normal que estes tópicos apresentem resultados positivos, porém tal não inibe a apresentação de reparos e críticas construtivas.

Na Tabela 1. constam os valores em percentagem da performance e da prática da instituição, resultando do cálculo das médias respectivas dos indicadores de desempenho associados.

Para uma melhor percepção da relação entre a posição da organização segundo os índices de prática e performance e consequentemente a capacidade desta em responder aos desafios de competitividade no mercado. Foi utilizada uma analogia com a habilidade e a performance dos lutadores de boxe para classificar a organização. A analogia e classificação subsequente são apresentadas na Figura 1.

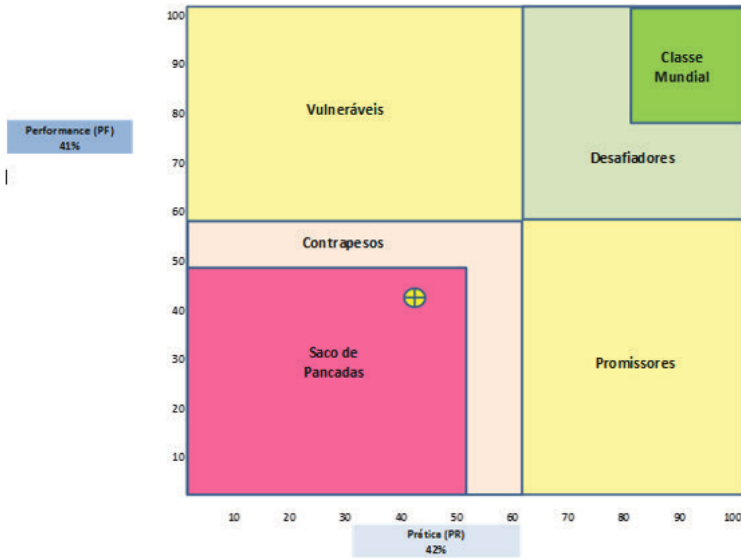


Figura 1. Diagrama de analogia Prática versus Performance.

A instituição é atribuída uma denominação conforme a sua posição no diagrama, que pode ser: Classe Mundial, Desafiadores, Promissores, Vulneráveis, Contrapesos e Saco de Pancadas.

Classe Mundial é a denominação que todas as organizações almejam alcançar, ou não fosse esta sinónimo de classificações iguais ou superiores a 80% em ambos os eixos (Prática e Performance). Estas são caracterizadas por ter grande parte das melhores práticas disponíveis na indústria/serviço.

A denominação Desafiadores enquadra-se nas empresas cujos índices de prática e performance sejam superiores a 60%. Organizações com esta classificação caracterizam-se por serem competitivas e com potencial para ambicionar chegar a “Classe Mundial”.

A condição de Promissoras é atribuído a organizações cujo investimento na adoção de melhores práticas e na modernização das suas instalações tem ocorrido, porém ainda não alcançaram os dividendos daí resultantes.

As organizações Vulneráveis são todas aquelas cujos índices de prática são reduzidos (<math>< 60\%</math>), o que implica um posição de instabilidade e de difícil sustentação a longo prazo.

A classificação Contrapesos define organizações muito aquém da excelência e alerta para a necessidade urgente de investimento e trabalho sob pena de se converter num “Saco de Pancadas”.

Saco de Pancadas (<math>< 50\%</math>) em ambos os índices, são todas as organizações cuja subsistência está posta em causa necessitando de intervenção radical e urgente para conseguir sobreviver.

A organização abordada (representada com o ponto) na Figura 1. enquadra-se então na categoria das organizações “Saco de Pancadas”. Tal representa que a prática e a performance apresenta um valor inferior a (<50%), necessitando de forma urgente de intervenção técnica.

Se a unidade de saúde começar a adotar conceitos da metodologia Lean, poderá subir, posicionando-se como uma organização em passo de melhoria.

## 7. Conclusão

Um dos fatores primordiais de uma sociedade passa pelo acesso aos cuidados básicos de saúde, sendo direito universal de qualquer cidadão.

No serviço público o estado financia esse direito com um dado orçamento para uma unidade hospitalar que a mesma tem de gerir, sabendo que uma grande percentagem é direcionada aos recursos humanos, não resta uma grande fatia para investimentos e melhoria do serviço entre outras questões.

A gestão passa por muitos desafios para poder atender a todas as necessidades dos cidadãos, e é nesta fase que a abordagem Lean pode ter algo a acrescentar.

O Lean como já fora analisado é uma abordagem que visa corrigir os atrasos e os desperdícios, aumentando os níveis de eficácia e eficiência de uma instituição. Todas as ações têm de ser pensadas com foco no cliente (paciente) a fim de acrescentar valor ao mesmo, ou seja ir ao encontro das suas expectativas. Tudo o que não for para acrescentar valor ao paciente deve ser visto como desperdício e por conseguinte deve ser combatido.

O intuito na realização desse trabalho foi entrar numa unidade hospitalar, no caso foi um Centro de Atendimento Especializado em Saúde - CAES da região de Macaé/RJ e aplicar um método de diagnóstico que passava pela utilização de um inquérito elaborado com base em duas ferramentas, sendo estas o LESAT e Baldrige. Daí recolher um conjunto de notas atribuídas por pessoal dos quadros da unidade hospitalar e tratar esses dados no sentido de enquadrar esta unidade hospitalar segundo seu grau de maturidade.

O diagnóstico revelou que o CAES da região de Macaé/RJ pode ambicionar, com legitimidade, alcançar um status melhor uma vez que para tal só necessita de adotar elementos da abordagem *Lean* nos índices de prática e performance.

## Referências

- BATTAGLIA, C. F. P. E F. (2014) Artigo - Aplicando Lean na Saúde. Disponível em: <<https://www.Lean.org.br/artigos/262/aplicando-Lean-na-saude.aspx>>. Acesso em: 05/01/ 2018.
- BERTANI, Thiago Moreno. *Lean healthcare: recomendações para implantações dos conceitos de produção enxuta em ambientes hospitalares*. 2012. Dissertação (Mestrado em Processos e Gestão de Operações) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Acesso em: 10/01/2018.
- BHAGAT, S. Rabi, MCDEVITT, S. Annette, BALIGA, Ram B.; *Global Organizations: Challenges, Opportunities, and the Future*, 1ª Ed., Inglaterra: Oxford, 2017.
- CALADO, R. D., BATOCCHIO, A., CALARGE, F. A., SILVA, M. B. *Método de Diagnóstico de empresa – Melhoria de Desempenho da Organização segundo o alinhamento do Hoshin Kanri e Lean Enterprise*, 1ª Ed., São Paulo: Pedro e Paulo, 2014.
- EASTMAN, M. About Baldrige. (2009) Disponível em: <<https://www.nist.gov/baldrige/how-baldrige-works/about-baldrige>>. Acesso em: 05/01/2018.
- FERREIRA, A. B. H. *Novo dicionário da língua portuguesa*. São Paulo: Positivo, 4ª ed., 2009
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Conta-satélite de saúde: Brasil: 2010-2015*. Rio de Janeiro: Coordenação de Contas Nacionais, 2017.
- JORMA, T. *et al.* *Lean thinking in Finnish healthcare. Leadership in Health Services*. v. 29, n. 1, 2016. p. 9-36.
- KIM, C.; SPAHLINGER, D. A.; KIN, J. M.; BILLI, J. E. *Lean Health Care: What Can Hospitals Learn from a World-Class Automaker?* *Journal of Hospital Medicine*, v. 1, n. 3, p.191–199, 2006.
- KRUGER, Hernani V. - *O que é a metodologia Lean Healthcare e como ela pode ajudar a melhorar os serviços de saúde?* 2017. <https://blog.ipog.edu.br/saude/lean-healthcare-servicos-de-saude/>. Acesso em: 23/01/2018.
- MALMBRANDT, Malin; ÅHLSTRÖM, Pär. *An instrument for assessing lean service adoption*. *International Journal of Operations & Production Mana-*

gement, v. 33, n. 9, p. 1131-1165, 2013.

MEDICI, A. (2017) Artigo – A crise e o setor saúde no Brasil Portal Hospitais Brasil, 19/07/2017. Disponível em: <<http://portalhospitaisbrasil.com.br/artigo-a-crise-e-o-setor-saude-no-brasil/>>. Acesso em: 04/01/2018

NIGHTINGALE, Debbie *et al.* The Lean Enterprise Self Assessment Tool. 2002.

PIERCY, Niall; RICH, Nick. The relationship between lean operations and sustainable operations. International Journal of Operations & Production Management, v. 35, n. 2, p. 282-315, 2015.

SALOMÃO, L. Pesquisa diz que 93% estão insatisfeitos com SUS e saúde privada. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bemestar/noticia/2014/08/pesquisa-diz-que-93-estao-insatisfeitos-com-sus-e-saude-privada.html>>. Acesso em: 03/01/2018.

SIMÕES, F. Lean *Healthcare* – O conceito Lean aplicado à realidade dos serviços de saúde. 2009.95 f. Dissertação (Mestre em Gestão da Tecnologia, Inovação e Conhecimento). Universidade de Aveiro. 2009.







