

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E**  
**ESTRATÉGIA**

**MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E**  
**ESTRATÉGIA**

**DISSERTAÇÃO**

**Aplicação do mapeamento de fluxo de valor em empresa**  
**do setor de óleo e gás com base na abordagem enxuta**

**Cícero Vasconcelos Ferreira Lobo**

**2018**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E ESTRATÉGIA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E ESTRATÉGIA**

**APLICAÇÃO DO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR EM  
EMPRESA DO SETOR DE ÓLEO E GÁS COM BASE NA  
ABORDAGEM ENXUTA**

**CÍCERO VASCONCELOS FERREIRA LOBO**

*Sob a Orientação da Professora*  
**Dra. Roberta Dalvo Pereira da Conceição**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Gestão e Estratégia**, no Curso de Pós-Graduação em Gestão e Estratégia da UFRRJ.

Seropédica/RJ  
Setembro de 2018

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L799a Lobo, Cicero Vasconcelos Ferreira, 1990-  
Aplicação do mapeamento de fluxo de valor em  
empresa do setor de óleo e gás com base na abordagem  
enxuta. / Cicero Vasconcelos Ferreira Lobo. - 2018.  
130 f.: il.

Orientadora: Roberta Dalvo Pereira da Conceição.  
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural  
do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em Gestão  
e Estratégia / Mestrado Profissional em Gestão e  
Estratégia, 2018.

1. Administração da produção. 2. Planejamento,  
Projeto e Controle de Sistemas de Produção. 3.  
Pensamento enxuto. 4. Cadeia de óleo e gás. 5.  
Mapeamento de fluxo de valor. I. Conceição, Roberta  
Dalvo Pereira da, 1978-, orient. II Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós  
Graduação em Gestão e Estratégia / Mestrado  
Profissional em Gestão e Estratégia III. Título.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO  
DE JANEIRO PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – ICSA MESTRADO  
PROFISSIONAL EM GESTÃO E ESTRATÉGIA – MPGE.

## CÍCERO VASCONCELOS FERREIRA LOBO

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre**, no Programa de Pós-Graduação em Gestão e Estratégia, na área de concentração em Gestão e Estratégia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 21/09/2018.

  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Roberta Dalvo Pereira da Conceição  
Presidente da Banca - Orientadora  
MPGE/UFRRJ - Membro Interno

  
Prof. Dr. Saulo Barbará de Oliveira  
MPGE/UFRRJ - Membro Interno

  
Prof. Dr. Robisom Damasceno Calado  
UFF – Membro Externo

## **AGRADECIMENTOS**

Ao final dessa jornada, começo agradecendo a Deus por ter me proporcionado saúde para vencer todos os obstáculos presentes no caminho percorrido.

Agradeço a minha família, em especial a minha mãe Adriana, meu maior exemplo, e que sempre me incentivou em todas as minhas decisões.

A Professora Roberta Dalvo, minha orientadora, pela confiança, compreensão, respeito e por toda ajuda ao longo desses dois anos de parceria para que o trabalho pudesse ser realizado com êxito.

Aos professores membros da banca avaliadora e aos professores do Mestrado Profissional em Gestão e Estratégia (MPGE) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro que contribuíram para a minha formação acadêmica com muita dedicação e conhecimento.

A Universidade Federal Fluminense, representada pelo Professor Robisom Calado, pela oportunidade de realizar uma disciplina externa como aluno especial que se mostrou extremamente importante para o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos os colegas da turma do MPGE 2017 ampla concorrência com os quais compartilhei longas sextas-feiras e às vezes sábados de estudo, sempre com muita alegria, tornando esta caminhada mais enriquecedora e prazerosa.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação acadêmica e para a conclusão deste trabalho, e principalmente por acreditarem na formação pública de qualidade em nosso país.

## RESUMO

LOBO, Cícero Vasconcelos Ferreira. **Aplicação do mapeamento de fluxo de valor em empresa do setor de óleo e gás com base na abordagem enxuta**. 2018. 130p. Dissertação (Mestrado em Gestão e Estratégia). Instituto de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

A abordagem enxuta que teve origem a partir dos princípios do *lean manufacturing* praticados no chão de fábrica do ramo automobilístico após a Segunda Guerra Mundial ultrapassou suas barreiras e alcançou diversos setores industriais. Seus conceitos e ferramentas também foram colocados em prática no setor de serviços. Em comum todas as organizações e empresas que têm essa abordagem incorporada aos seus fluxos e processos buscam o aumento de eficiência, com redução de perdas e desperdícios, para que alcancem uma lucratividade maior na oferta de bens ou prestação de serviços. Nos últimos anos as organizações do setor de óleo e gás também começaram a experimentar os benefícios do pensamento enxuto melhorando seus processos, diminuindo defeitos, erros e retrabalhos por exemplo. Existem diversas ferramentas *lean* disponíveis, sendo o mapeamento do fluxo de valor (MFV) uma das mais fundamentais, por proporcionar uma visão ampla dos processos com seus fluxos de material e informação, além de apontar possibilidades de melhorias. Nesse contexto, essa pesquisa teve como objetivo avaliar o impacto da aplicação do mapeamento de fluxo de valor nos indicadores de desempenho (eficiência e lucratividade) de um processo crítico de prestação de serviços de uma empresa da cadeia de óleo e gás (empresa Beta), bem como propor e executar um plano de ação visando alcançar melhorias, isto é, redução de custos e eliminação dos desperdícios para o mesmo. Para tal, o referencial teórico desta pesquisa baseou-se em seis temas, sendo eles: o surgimento do Sistema Toyota de Produção, os princípios e evolução do pensamento enxuto, a aplicação do pensamento enxuto no setor de serviços, o pensamento enxuto na cadeia de óleo e gás, a ferramenta mapeamento do fluxo de valor (MFV) e o MFV aplicado no setor de óleo e gás com o objetivo de levantar obras de referência e o estado da arte desses principais temas relacionados a pesquisa. Essa pesquisa é de natureza qualitativa do tipo aplicada e a metodologia utilizada foi a pesquisa-ação. A pesquisa foi dividida em quatro fases: exploratória, principal, ação e avaliação. Os recursos metodológicos utilizados para coleta de dados foram a observação participante e não-participante, além da pesquisa documental a documentos internos da empresa Beta onde a pesquisa foi desenvolvida. Esses dados em conjunto com a participação dos colaboradores da empresa Beta escolhidos para compor o seminário central permitiram que o mapa do estado atual (MEA) do processo “recertificação de equipamentos *flowline* de terceiros (REFT)” fosse executado. Em seguida, uma análise crítica para identificar oportunidades de melhorias e redução de desperdícios foi elaborado em conjunto com um plano de ação para alcançar um mapa de estado futuro (MEF) para o processo em questão. Após a implementação do plano de ação foi possível avaliar o indicador de eficiência, que saltou de 20,62% do estado atual para 60,37% e o indicador de lucratividade que saltou de 32,57% para 76,08% considerando a média dos lotes observados e avaliados. A melhora foi alcançada graças à redução do *lead time* total do processo através da redução de perdas de superprodução, transporte, processamento, defeitos, movimento, espera, estoque, além de desperdícios intelectuais.

**Palavras-chave:** pensamento enxuto, mapeamento de fluxo de valor, óleo e gás.

## ABSTRACT

LOBO, Cícero Vasconcelos Ferreira. **Application of value stream mapping in an oil and gas company based on the lean approach**. 2018. 130p. Dissertation (Master's degree in Management and Strategy). Instituto de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

Lean approach firstly emerged from the lean manufacturing principles applied into the automotive sector shop floor after the World War II. It overtook its barriers and achieve many different industries. Lean concepts and tools also have been used in the service sector. All organizations and companies that have absorbed the lean approach on its flows and process have one goal in common: they look for better efficiency, reducing losses and wastes. At the end, they want to have better profitability when offering your goods or services. Recently, some oil and gas companies also started to experience the benefits of the lean thinking by improving its process, reducing failures, errors, and rework. Today, there are many different lean tools available, but, the value stream mapping (VSM) is still the most fundamental because it provides a wide sight of the processes with its material and information flows. Also, it indicates points of improvement. In this context, the main goal of this research was to evaluate the impact of the value stream mapping tool on the performance indicators (efficiency and profitability) of an oil and gas company key process. Also, this research proposed and executed an action plan to reach the desirable improvements, which were the reduction of wastes and costs for the key process of the Beta company, where the research was applied. To reach this goal, this research was based on a robust literature review that comprised the following themes: the emergence of the Toyota Production System, the principles and evolution of lean thinking, the applicability of the lean thinking in the services sector, the lean thinking applied into oil and gas sector, the value stream mapping (VSM) tool and finally the VSM applied in the oil and gas sector. This review was carried out to raise the reference books and the state of art of these main themes related to this research. The methodology applied in this qualitative research was the action research method. The research has been divided in four phases: exploratory, principal, action, and evaluation. The methodological resources used to collect data were the participant and non-participant observations, besides the documentary research to internal document of the Beta company, where the research was developed. All this data together with the Beta's employees that were chosen to be part of the central seminar enabled that the current state map of the process "recertification of customer-owned flowline equipment (REFT)" was carried out. After this, a critical analysis to identify opportunities for improvement and waste reduction was developed together with an action plan to achieve the future state map for this REFT process. After the action plan execution, it was possible to evaluate the efficiency performance indicator, which grown up from 20,62% (in the current state) to 60,37%. Also, the profitability performance indicator grown up from 32,57% to 76,08%. All this math based on the average of the batches of equipment observed and evaluated. This improvement was achieved mainly because of the reduction of the total lead time of the process. This happened because of the reduction of overproduction, transportation, processing, defects, movement, waiting, stock and intellectual wastes and losses.

**Keywords:** lean thinking, value stream mapping, oil and gas.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fases da pesquisa alinhadas com metodologia e objetivos.....	38
Tabela 2. Perdas e desperdícios identificados no fluxo de valor do processo REFT.....	61
Tabela 3. Comparação eficiência processo REFT – estado atual X estado futuro.....	75
Tabela 4. Erros e desperdícios eliminados por meio de treinamentos.....	84
Tabela 5. Investimento financeiro para implementação das atividades do plano de ação.....	87
Tabela 6. Comparativo – Entregas no prazo – Fase exploratória X Fase avaliação.....	90
Tabela 7. Fase avaliação – <i>takt time</i> .....	91
Tabela 8. Eficiência processo REFT após implementação do plano de ação.....	93
Tabela 9. Comparação eficiência processo REFT.....	106
Tabela 10. Fase avaliação - margem de lucro alcançada por lote.....	108

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Base e pilares da mentalidade Enxuta.....	14
Figura 2. Etapas do MFV.....	17
Figura 3. Ícones do MFV.....	23
Figura 4. Exemplo de MFV.....	26
Figura 5. Ilustração dos equipamentos tipo “ <i>flowline</i> ”.....	30
Figura 6. Sequência de operações do processo REFT.....	32
Figura 7. Etapas da pesquisa-ação.....	37
Figura 8. Processo REFT – demanda e média de recertificação de equipamentos diária.....	48
Figura 9. Processo REFT – esboço do MEA.....	50
Figura 10. Processo REFT – mapa do estado atual (MEA).....	53
Figura 11. ECP (%) X etapas do REFT em seu estado atual.....	59
Figura 12. Processo REFT – esboço do MEF.....	66
Figura 13. Processo REFT – mapa do estado futuro (MEF).....	67
Figura 14. Plano de ação para alcançar estado futuro do processo REFT.....	70
Figura 15. <i>Layout</i> atual – chão de fábrica.....	71
Figura 16. Acessórios de teste hidrostático – situação atual.....	73
Figura 17. ECP (%) X etapas do REFT em seu estado futuro.....	74
Figura 18. Novo <i>layout</i> – chão de fábrica.....	77
Figura 19. Dispositivo de teste hidrostático múltiplo.....	79
Figura 20. Supermercado de estoque instalado antes da etapa de teste hidrostático do processo REFT.....	80
Figura 21. Quadro de monitoramento do processo REFT.....	82
Figura 22. Ação de 5S para arrumação de acessórios de teste hidrostático.....	83
Figura 23. Fase avaliação – Lotes avaliados após implementação do plano de ação.....	89
Figura 24. Fase avaliação – Recertificação média.....	90
Figura 25. Lote 16104: eficiência atingida x eficiência desejada.....	94
Figura 26. Lote 16391: eficiência atingida x eficiência desejada.....	95
Figura 27. Lote 16583: eficiência atingida x eficiência desejada.....	96
Figura 28. Lote 16845: eficiência atingida x eficiência desejada.....	97
Figura 29. Lote 16903: eficiência atingida x eficiência desejada.....	98

Figura 30. Lote 17135: eficiência atingida x eficiência desejada.....	99
Figura 31. Lote 17279: eficiência atingida x eficiência desejada.....	100
Figura 32. Lote 17903: eficiência atingida x eficiência desejada.....	101
Figura 33. Lote 18194: eficiência atingida x eficiência desejada.....	102
Figura 34. Lote 19248: eficiência atingida x eficiência desejada.....	103
Figura 35. Lote 19249: eficiência atingida x eficiência desejada.....	104
Figura 36. Lote 19139: eficiência atingida x eficiência desejada.....	105

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

CINT	Cintamento
CTP	Custo Total do Processo
DESM	Desmontagem
ECP	Eficiência do Processo
ECPA	Eficiência do Processo em seu estado atual
ECPF	Eficiência do Processo em seu estado futuro
END	Ensaio não destrutivo
FIFO	Primeiro a entrar, primeiro a sair
HH	Homem/hora
ID	Identificação
ISO	Organização Internacional de Normalização
JIT	<i>Just-in-time</i>
L/T	<i>Lead Time</i>
LIMP	Limpeza
ME	Inspeção por Medição de Espessura
MEA	Mapa de Estado Atual
MEF	Mapa de Estado Futuro
MFI	Mapa de Fluxo de Informação
MFV	Mapeamento de Fluxo de Valor
MONT	Montagem
O&G	Óleo e gás
OS	Ordem de Serviço
PM	Inspeção por Partículas Magnéticas
PSI	Libra-força por polegada quadrada
REFT	Recertificação de equipamentos <i>offshore</i> do tipo <i>flowline</i> de clientes
SMS	Saúde, Meio Ambiente e Segurança
STP	Sistema Toyota de Produção
T/R	Tempo de Troca
T/C	Tempo de Ciclo
TAV	Tempo de Agregação de Valor
TH	Teste Hidrostático
TNAV	Tempo de Não Agregação de Valor
TPT	Toda peça todo dia
USD	Dólar dos Estados Unidos da América
VCC	Valor do serviço Cobrado ao Cliente
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	Trabalho em Processo

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Pergunta Pesquisa .....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo final.....	3
1.3.2. Objetivos intermediários .....	3
1.4. Justificativa .....	3
1.4.1. Relevância .....	3
1.4.2. Oportunidade.....	4
1.5. Estrutura do Trabalho .....	5
2. Referencial Teórico.....	6
2.1. Surgimento do Sistema Toyota de Produção.....	6
2.2. Princípios e Evolução do Pensamento Enxuto.....	8
2.3. Pensamento Enxuto no Setor de Serviços.....	10
2.4. Pensamento Enxuto na Cadeia de Óleo e Gás (O&G).....	11
2.5. Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV).....	14
2.5.1. Aplicação do MFV - definição da família de produtos .....	17
2.5.2. Aplicação do MFV – mapeamento do estado atual.....	17
2.5.3. Aplicação do MFV – desenho do estado futuro e plano de ação .....	18
2.5.4. Aplicação do MFV – métricas <i>lean</i> .....	21
2.5.5. Aplicação do MFV – elementos integrantes .....	23
2.6. Mapeamento do Fluxo de Valor aplicado no setor O&G .....	27
3. Caracterização da Organização e Processo REFT .....	29
3.1. Organização .....	29
3.2. Processo REFT .....	31
3.3. Demanda para processo REFT .....	32
4. Metodologia .....	34
4.1. Procedimentos Metodológicos.....	34
4.2. Pesquisa-ação.....	35
4.2.1. Etapas da pesquisa-ação .....	36
4.2.2. Fase exploratória.....	40
4.2.3. Fase principal.....	41

4.2.3.1.	Constituição do seminário central.....	41
4.2.3.2.	Observação participante.....	42
4.2.3.3.	Observação não participante.....	43
4.2.3.4.	Pesquisa documental.....	44
4.2.4.	Fase ação.....	44
4.2.4.1.	Fase ação – parte 1.....	45
4.2.4.2.	Fase ação – parte 2.....	45
4.2.5.	Fase avaliação.....	46
5.	Análise dos Resultados.....	47
5.1.	Fase Exploratória.....	47
5.1.1.	Diagnóstico do processo REFT.....	47
5.2.	Fase Principal.....	49
5.2.1.	Mapa do estado atual (MEA).....	49
5.2.2.	Análise da eficiência do ciclo do processo em seu estado atual (ECPA).....	57
5.2.3.	Análise da lucratividade do processo em seu estado atual.....	59
5.3.	Fase Ação.....	60
5.3.1.	Mapa do estado futuro (MEF).....	61
5.3.2.	Plano de ação.....	70
5.3.3.	Análise da eficiência do ciclo do processo em seu estado futuro (ECPF).....	74
5.3.4.	Análise da lucratividade do processo em seu estado futuro.....	76
5.3.5.	Implementação do plano de ação.....	76
5.3.5.1.	Modificação de <i>layout</i> do chão de fábrica.....	76
5.3.5.2.	Criação de dispositivo para teste hidrostático múltiplo.....	79
5.3.5.3.	Implementação de supermercado de estoque.....	80
5.3.5.4.	Quadro de monitoramento.....	81
5.3.5.5.	Implantação de 5S para acessórios de teste.....	82
5.3.5.6.	Treinamentos.....	84
5.3.5.7.	Análise de investimento para implantação do plano de ação.....	86
5.4.	Fase Avaliação.....	88
5.4.1.	Análise da recertificação média e <i>takt time</i> alcançados.....	88
5.4.2.	Análise da eficiência alcançada.....	92
5.4.3.	Análise da lucratividade alcançada.....	107
6.	Conclusão.....	109

7. Referências .....	112
ANEXOS.....	121
A - Demanda e média de recertificação referente ao processo REFT (2015-2017).....	122
B - Tempos observados e cronometrados durante observação participante.....	124
C - Tempos observados e cronometrados durante observação não participante.....	126
D - Fase avaliação: tempos observados e cronometrados durante observação não participante.....	128

## **1. Introdução**

### **1.1. Contextualização**

Em um ambiente de alta competitividade em que as organizações de países desenvolvidos e em desenvolvimento estão inseridas, a busca pelo aumento de eficiência, aliada com menores custos de produção, e um alto nível de qualidade do produto ofertado e/ou serviço prestado é constante. Adicionalmente, a globalização também influenciou os modelos de produção que a sociedade vinha experimentando. Novos mercados foram abertos. Os clientes se tornaram mais seletivos, elevando a competição entre as empresas para atender suas novas demandas.

A indústria automobilística pode ser usada para exemplificar essas mudanças. Sua produção global é estimada em 97 milhões de veículos por ano (OICA, 2017). Desta forma, ela é responsável por uma grande cadeia de suprimentos com ramificação em diversos setores da economia. De acordo com Womack e Jones (2004), trata-se de uma indústria muito significativa para a humanidade pois mudou muitos dos nossos pensamentos a respeito dos processos e procedimentos de manufatura.

No início do século XX, Henry Ford e Alfred Sloan romperam com o modelo artesanal para a produção de carros, criando a chamada produção em massa. Isso contribuiu para que os Estados Unidos passassem a comandar a economia global. Já no final da Segunda Guerra Mundial, os clientes começaram a se tornar mais exigentes, cobrando mais qualidade e serviço. Assim, começava o declínio da produção em massa, visto que esse modelo não estava conseguindo entregar produtos adequados as exigências das novas demandas. (JASTI; KODALI, 2014).

Nesse contexto, após a Segunda Guerra Mundial, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno criaram o Sistema Toyota de Produção, que mais tarde viria a ser conhecido como “*lean manufacturing*”. Ele é caracterizado pela busca pelo mínimo desperdício em sua produção, em diversas dimensões como superprodução, imperfeições, esperas, entre outros (WOMACK; JONES; ROOS, 2004; WOMACK; JONES, 2004; AZIZ; MAFEZ, 2013; RATNAYAKE; CHAUDRY, 2016).

Essa nova abordagem de produção proposta pela Toyota, que superou o modelo Fordista, estava baseada em alguns pilares que visavam eliminar os desperdícios e produzir cada vez mais com menos, entre eles: a produção *just-in-time* (JIT) e a autonomia (*jidoka*). Além disso, ferramentas que buscam colocar em prática os princípios da produção enxuta e a

melhoria contínua foram desenvolvidas. O mapeamento de fluxo de valor (MFV), o *kaizen*, o 5S, a troca rápida de ferramentas e a manutenção produtiva total são alguns exemplos dessas ferramentas (OHNO, 1997; WERKEMA, 2011).

Os princípios do pensamento enxuto foram muito difundidos e utilizados no setor industrial, em específico o automotivo. No entanto, eles não ficaram limitados a este ramo da economia. Os estudos sobre sua aplicação em outras atividades econômicas, inclusive na prestação de serviços também foram desenvolvidos. Todavia, quando aplicado em serviços, algumas adaptações devem ser feitas, por conta do alto envolvimento do cliente final em seus processos (BOWEN; YOUNGDHAL, 1998; SWANK, 2003; WOMACK; JONES, 2004; SÁNCHEZ; PEREZ, 2004; AHLSTROM, 2004; BICHENO, 2004).

Nesse contexto acima mencionado, a indústria de óleo e gás (O&G) também sofreu os impactos desse novo modelo produtivo e teve seus processos operacionais melhorados pela aplicação da abordagem e ferramentas *lean*, principalmente em suas rotinas administrativas, suporte em decisões estratégicas e cadeia de suprimentos (CARIDI *et al.*, 2014; RATNAYAKE; CHAUDRY, 2016; REIS; STENDER; MARUYAMA, 2017).

Diante da importância da cadeia de petróleo e gás para o desenvolvimento econômico dos países, as organizações que dela fazem parte continuam se movimentando para melhorar seus processos e se tornarem competitivas. Por se tratar de um setor que convive com ciclos alternados de alta e baixa demanda, as estratégias *lean* podem ser usadas para desenvolvimento de estratégias de sobrevivência, aumento de eficiência e qualidade (CHAURASIA; GARG; AGARWAL, 2016; CALADO, 2017). Em um ambiente de aplicação dos conceitos, métodos e ferramentas da produção enxuta adaptados para o setor de serviços, essa pesquisa tem como objetivo atuar em um processo chave de uma empresa de prestação de serviços técnicos pertencente a cadeia de óleo e gás (O&G). Para isso, o processo de recertificação<sup>1</sup> de equipamentos *offshore* do tipo *flowline* de clientes (REFT) foi escolhido. Ele representa 90% do faturamento da empresa Beta, onde essa pesquisa é desenvolvida.

## **1.2.Pergunta Pesquisa**

Como a implantação do mapeamento de fluxo de valor (MFV) pode melhorar os indicadores de desempenho (eficiência e lucratividade) do processo REFT da empresa Beta?

---

<sup>1</sup>Livremente traduzido a partir do termo em inglês *recertification*, presente nos manuais operacionais da empresa Beta. Não possui relação com certificação de qualidade realizado por organismos internacionais como ISO por exemplo.

### **1.3. Objetivos**

Visando buscar possíveis soluções para o problema de pesquisa, são definidos os seguintes objetivos.

#### **1.3.1. Objetivo final**

O objetivo final da pesquisa é avaliar o impacto da aplicação do mapeamento de fluxo de valor (MFV) nos indicadores de desempenho (eficiência e lucratividade) do processo REFT, bem como propor e executar um plano de ação visando alcançar melhorias, isto é, redução de custos e eliminação dos desperdícios para o mesmo.

#### **1.3.2. Objetivos intermediários**

Para alcançar o objetivo final desta pesquisa, os seguintes objetivos intermediários são definidos:

- (a) Realizar um diagnóstico atual do processo REFT.
- (b) Definir o estado atual do processo REFT, isto é, seus fluxos de material e informação por meio do mapa de estado atual (MEA);
- (c) Realizar análise crítica do MEA com objetivo de sugerir melhorias e propor o mapa de estado futuro (MEF) junto ao plano de ação a ser executado;
- (d) Implementar o plano de ação para alcançar o MEF;
- (e) Verificar o impacto da utilização da ferramenta MFV nos indicadores de eficiência, e lucratividade do processo REFT após a implantação do MEF.

### **1.4. Justificativa**

Apresentam-se as a relevância e oportunidade para desenvolvimento desta pesquisa.

#### **1.4.1. Relevância**

Como relevância teórica, esta pesquisa visa contribuir para o aprofundamento do conhecimento na área do pensamento enxuto (*lean thinking*) voltada para prestação de serviços, especificamente para a cadeia de óleo e gás.

A pesquisa-ação desenvolvida neste trabalho de aplicação real de uma ferramenta *lean*, neste caso o mapeamento de fluxo de valor (MFV) no processo chave (REFT) da empresa Beta tem como relevância prática a melhoria do mesmo. O processo REFT é responsável pela maior

parte (90%) do faturamento da empresa em estudo. Desta forma, melhorias em seus indicadores de desempenho oportunizadas pela ferramenta MFV significam melhores resultados para a empresa Beta e seus colaboradores.

O fato da metodologia de pesquisa-ação ser aplicada para desenvolvimento de todas as etapas deste trabalho permite a construção coletiva com objetivo de resolver problemas, e propor soluções para situações colocadas ao longo da pesquisa.

#### **1.4.2. Oportunidade**

O mercado de petróleo vem experimentando um momento de instabilidade nos últimos anos. O preço do barril de petróleo despencou de 100 USD para um valor abaixo de 30 USD em um intervalo de um ano e meio. Esse cenário melhorou e alcançou o patamar de 75 USD, porém, ainda abaixo de índices alcançados outrora (WTI, 2017).

Neste contexto, as empresas dos diferentes blocos da cadeia de óleo e gás passaram a buscar alternativas para reduzir seus custos e aumentar sua eficiência, sem perder qualidade nos seus bens e/ou serviços ofertados. O objetivo delas é se manterem competitivas neste mercado.

Desta forma, muitas organizações experimentam técnicas, ferramentas de gestão e abordagens oriundas do *lean manufacturing*, que se mostraram eficazes em outros setores da economia, como por exemplo o automobilístico.

No caso específico da empresa Beta, essa pesquisa aproveita-se da oportunidade oferecida pela alta gerência para avaliar e intervir em um de seus processos de prestação de serviço. A empresa possui certificação de qualidade ISO 9001:2015. Isto demonstra uma preocupação em questões relacionadas a qualidade de seus serviços junto a seus clientes.

No entanto, a empresa apresenta problemas com a eficiência de seus processos. Entregas fora do prazo já foram identificadas pela alta administração, o que aponta para algumas fraquezas internas que podem ser trabalhadas. A empresa Beta, onde essa pesquisa ocorre ainda não experimentou ferramentas que buscam aumento de eficiência de seus processos.

Portanto, trata-se de uma oportunidade de realizar uma pesquisa aplicada que alia conhecimentos teóricos relacionados ao *lean manufacturing*, em especial a ferramenta mapeamento de fluxo de valor (MFV) junto a experiência dos colaboradores da organização para cumprir os objetivos previamente definidos com relação ao processo REFT.

## **1.5. Estrutura do Trabalho**

Visando alcançar os objetivos propostos, o presente trabalho está elaborado em seis capítulos. O primeiro contém a introdução, apresentação do problema de pesquisa e objetivos e justificativa da pesquisa. O segundo capítulo aborda o referencial teórico dos principais pontos referentes à pesquisa. O referencial foi construído a partir de consultas à livros referência, além de artigos nacionais e internacionais encontrados nas bases de dados do Periódicos Capes, Scopus e *Web of Science*. O terceiro capítulo caracteriza a organização, seu ambiente e apresenta detalhes operacionais a respeito do processo REFT em estudo nesta pesquisa. O quarto capítulo apresenta a metodologia utilizada por este trabalho, com destaque para a pesquisa-ação. No quinto capítulo, os resultados obtidos são apresentados e discutidos a luz do referencial teórico, e por último, no sexto capítulo, as considerações finais da pesquisa trazem a conclusão do trabalho e sugerem pesquisas futuras.

## 2. Referencial Teórico

Considerando o tema a ser estudado, serão discutidos neste capítulo os seguintes assuntos: o surgimento do Sistema Toyota de Produção (STP), os princípios e evolução do pensamento enxuto, a aplicação do pensamento enxuto no setor de serviços, a aplicação do pensamento enxuto na cadeia de óleo e gás, a ferramenta mapeamento de fluxo de valor (MFV) e o MFV aplicado ao setor de óleo e gás.

### 2.1.Surgimento do Sistema Toyota de Produção

Após a 2ª Guerra Mundial, o Japão encontrava-se diante de diversos desafios para reerguer sua economia. Nesse ambiente, as empresas montadoras de automóveis também passaram por muitas dificuldades para se reorganizarem e se tornarem competitivas. Nesse cenário, a Toyota pode ser considerada a precursora de um novo modelo de produção, que viria substituir a produção em massa. Esta última tinha na figura da montadora americana Ford, a sua grande representante de sucesso de produção e vendas (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Este novo modelo produtivo batizado de Sistema Toyota de Produção (STP) e que posteriormente foi chamado na literatura de “produção enxuta” foi dissecado na obra de Womack, Jones e Roos (2004) “A máquina que mudou o mundo” publicado originalmente em 1990, e que serviu de referência para muitos trabalhos publicados a respeito deste tema.

Eiji Toyoda, jovem engenheiro da família detentora da fabricante Toyota visitou em 1950 as instalações da fábrica Rouge da Ford em Detroit e voltou decidido que poderia melhorar aquele sistema de produção. Em conjunto com Taiichi Ohno, eles entenderam que não adiantaria copiar o modelo de produção em massa adotada pela Ford, pois este não funcionaria no Japão, que possuía características diversas quando comparadas aos Estados Unidos. Tratava-se de um mercado doméstico muito limitado, com uma força de trabalho crítica, além de uma economia devastada pela guerra (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Neste contexto, o Sistema Toyota de Produção nasce e se consolida através de dois pilares de sustentação: o *just-in-time* (JIT) e a Autonomiação (*jidoka*) (SHINGO, 1996, 1997; OHNO, 1997).

Para Guinato (2000), o JIT significa que cada processo deve ser suprido com itens certos, no momento certo, na quantidade certa e no local certo. Esta mentalidade torna possível a identificação, localização e eliminação de perdas. No entanto, a viabilização do JIT depende

de três fatores que estão intrinsecamente relacionados: o fluxo contínuo, o *takt time* e a produção puxada, como será visto mais adiante.

Ainda de acordo com Guinato (2000), a automação é um elemento de grande importância para se combater as perdas no STP, pois ela permite a imediata paralisação do processamento, no caso de verificação de alguma anormalidade, e, portanto, impede a perda por fabricação de produtos defeituosos.

Assim, entende-se que o Sistema Toyota de Produção visa reduzir desperdícios em diversas dimensões nos mais diversos processos das organizações a todo tempo. No entanto, para tornar esta tarefa possível é importante identificar quais são esses desperdícios e onde eles ocorrem.

De acordo com Shingo (1996, 1997) e Ohno (1997) existem sete grandes perdas a serem eliminadas no Sistema Toyota de Produção:

- (a) perdas por superprodução: produzir em excesso ou cedo demais;
- (b) perdas por transporte: movimento excessivo de pessoas, peças e informações;
- (c) perdas no processamento em si: utilização inadequada de máquinas e sistemas;
- (d) perdas por fabricar produtos defeituosos: problemas de qualidade do produto;
- (e) perdas no movimento: desorganização do ambiente de trabalho;
- (f) perdas por espera: longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informações;
- (g) perdas por estoque: armazenamento excessivo e falta de informação.

Mais recentemente um oitavo desperdício passou a ser considerado, trata-se do desperdício intelectual (LIKER, 2005). O mesmo ocorre por exemplo quando pessoas não são alocadas para desempenharem atividades onde teriam maior eficiência.

Portanto, o objetivo principal do Sistema Toyota de Produção e que serviu de base para consolidar o pensamento enxuto era reduzir de forma substancial os custos totais de produção através da eliminação de desperdícios na produção de bens com valores não reconhecidos pelos clientes (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Este processo de enxugamento representava mais que simples regras de gestão e sua abrangência forçou a mudança cultural em muitas organizações, trazendo uma nova filosofia de gestão organizacional conforme veremos adiante.

Alguns autores, entre eles, Coriat (2007), compreendem este novo paradigma de produção de uma maneira ampla, isto é, como um novo modo de regulação do sistema capitalista, substituindo o modelo taylorista/fordista. No entanto, Coutinho (2006, p.1), reforça

que a visão mais difundida no Brasil, vincula o Toyotismo a um “conjunto de técnicas de gestão e organização do processo de trabalho inspirado no sistema produtivo japonês, que foram desenvolvidas, primariamente, por Ohno na fábrica Toyota”.

## **2.2. Princípios e Evolução do Pensamento Enxuto**

A filosofia da mentalidade enxuta disseminada por Taiichi Ohno e discutida até aqui está baseada em cinco princípios básicos imortalizados por Womack e Jones (2004) em sua célebre obra “A mentalidade enxuta nas empresas” publicada pela primeira vez em 1996, sendo eles:

(a) especificar o valor. Womack e Jones (2004) entendem que é difícil definir o que é valor, seja porque os produtores só querem produzir o que já estão acostumados a produzir, ou porque os consumidores já estão acostumados a pedir o que já pedem sempre. Segundo os autores, isso também pode acontecer pela dificuldade em que se tem de analisar o valor em relação ao produto todo. Na verdade, a definição do valor deve ser feita através da percepção do cliente e não da empresa que está executando uma parte do processo.

(b) identificar o fluxo de valor. Dennis (2007) entende que mapear o fluxo de valor significa realizar um estudo detalhado do movimento, do tempo de espera, do tempo de transporte, além do tempo de retrabalhos para que, com isso em mãos, seja possível identificar processos que não têm relevância e eliminá-los se possível. De acordo com Womack (2006), todo valor produzido dentro de uma organização é o resultado final de um processo complexo, isto é, de uma série de ações que compõe o fluxo de valor.

(c) estabelecimento de fluxo contínuo. Womack e Jones (2004) entendem que para fazer o valor fluir pela cadeia, é necessário focalizar o objeto real, ignorando fronteiras tradicionais de tarefas e eliminando os obstáculos ao fluxo contínuo do produto para acabar com os retrofluxos, sucatas, e paralisações de todos os tipos. Werkema (2011) corrobora que é necessário dar fluidez aos processos e atividade, pois o fluxo contínuo vai impactar na redução dos tempos de concepção de produtos e do processamento de pedidos, permitindo a diminuição de estoques.

(d) sistema puxado de produção. Esse princípio se origina da palavra de origem inglesa *pull*, que de acordo com Womack e Jones (2004) significa neste contexto que um processo inicial não deve produzir um bem ou mesmo um serviço sem que o cliente posterior esteja solicitando. Womack e Jones (2004) entendem ainda que quando aplicado em uma empresa

enxuta, o sistema puxado permite que o consumidor passe a puxar o fluxo de valor, reduzindo assim a necessidade de estoques.

(e) buscar a perfeição. A fixação de metas numéricas de melhoria a serem atingidas em um determinado período é muito importante para que todos os princípios da mentalidade enxuta citados até aqui funcionem. Sabe-se que a “perfeição é como o infinito, tentar imaginá-lo (e chegar lá) na verdade é impossível, mas o esforço para fazê-lo oferece a inspiração e a direção essenciais para o progresso ao longo do caminho” (WOMACK; JONES, 2004, p.90).

Em suma, as organizações enxutas devem definir valor sob a visão do cliente final. Isto deve ser feito através da identificação do fluxo de valor para cada família de produtos (ou serviços), e estabelecimento do fluxo contínuo orientado pela lógica puxada, sem esquecer da busca contínua pela perfeição.

Portanto, quando aplicado o pensamento enxuto nas empresas baseado em seus cinco princípios, as tarefas passam a ser divididas em três classificações, sendo elas: (a) as que realmente geram valor, pois estão relacionadas diretamente com o produto final; (b) as que não agregam valor, mas são indispensáveis na realização de todo o conjunto de tarefas; (c) as que não agregam valor e precisam ser cortadas de imediato (LIKER, 2005; GREEF; FREITAS; ROMANEL, 2012).

Como benefícios da aplicação do pensamento enxuto em seu modo de produzir ou ofertar serviços, as empresas podem experimentar vantagens de curto prazo, tais como: (a) aumento da produtividade de mão-de-obra ao longo do sistema como um todo; (b) redução de estoque no sistema; (c) redução de erros que chegam ao cliente; (d) redução de sucata dentro do processo de produção; (e) redução de acidentes; (f) redução do tempo de lançamento de novos produtos e (g) possibilidade de oferta de maior variedade de produtos a um custo adicional relativamente modesto (WOMACK; JONES, 2004).

Ao longo do tempo, os conceitos de *lean manufacturing* foram discutidos por diversos autores, entre eles: Oliver, Delbridge e Lowe (1996), Delbridge (2000), Delbridge, Lowe e Oliver (2000), Shah e Ward (2003), Womack, Jones e Roos (2004), Womack e Jones (2004), Bicheno (2004), Hines, Holweg e Rich (2004), Holweg (2007), Bhasin (2008).

Os conceitos que revolucionaram a indústria automobilística no século XX se espalharam por outras atividades econômicas. Womack, Jones e Roos (2004, p.18) previam esse fenômeno ao entender que a produção enxuta se aplica a todas as indústrias de todo o mundo. Eles complementam que “a conversão para a produção enxuta exercerá um profundo efeito sobre a sociedade humana – na verdade, ela irá transformar o mundo”.

Bhamu e Sangwan (2014) apresentaram um levantamento bibliográfico baseado em 209 trabalhos sobre “*lean manufacturing*”. Segundo os autores, o advento da recessão no início do século XXI forçou muitas organizações em todo o mundo a reduzir custos e a responder melhor às demandas dos clientes. O *Lean Manufacturing* tem sido nesse contexto amplamente percebido pela indústria como uma resposta a esses requisitos pois o mesmo reduz o desperdício sem exigências adicionais de recursos. Isso levou a um *boom* na pesquisa deste tema em todo o mundo, em especial através de estudos empíricos e exploratórios.

Hines, Holweg e Rich (2004) em seu estudo bibliográfico sobre o pensamento enxuto contemporâneo apresentam a evolução dos princípios do *lean thinking* (pensamento enxuto) ao longo do tempo. De acordo com os autores, os primeiros estudos sobre pensamento enxuto tratavam de processos de manufatura e chão de fábrica, e possuíam como foco principal a redução de custos e a aplicação do *Just-in-time* como modelo de produção. A partir de 1990, inicia-se a busca pela competitividade e os processos-chave passam a englobar a gestão de materiais, além da manufatura, nesse momento os princípios enxutos superam os limites da fábrica, e alcançam os parceiros integrados na cadeia. Entre os anos 1990 e 2000, o pensamento enxuto deixa de ser aplicado somente no setor automotivo e passa a estar presente em todos os tipos de empresas de manufatura. A partir do ano 2000, o foco em estratégia, valor do produto, custo e integração com cadeia de suprimentos possibilitam que esses conceitos sejam aplicados em empresas de manufatura de grande e pequena escala, e em sistemas de operações de serviços.

### **2.3. Pensamento Enxuto no Setor de Serviços**

Como visto, a mentalidade enxuta é uma forma de especificar valores, alinhar as ações que criam valores na melhor sequência, realizá-las sem interrupção toda vez que alguém as solicita e de forma cada vez mais eficaz, ou seja, fazer cada vez mais com cada vez menos recursos, oferecendo aos clientes exatamente que eles desejam (WOMACK; JONES, 2004).

Nascimento e Francischini (2004) complementam que a definição do “serviço enxuto” se traduz em um sistema padronizado de operações de serviços criado para gerar valor para o cliente, concentrando-se em metas explícitas com o objetivo de atender às expectativas dos clientes quanto à qualidade e ao preço.

Para Bowen e Youngdhal (1998), a maior similaridade do “serviço enxuto” com o modelo de *lean manufacturing* definido por Womack, Jones e Roos (2004) é a definição de um fluxo de processo contínuo que pode ser puxado pelo cliente.

Ahlstrom (2004) confirma em seus estudos que os princípios do pensamento enxuto podem ser aplicados em operações de serviços. O autor entende que apesar de haver restrições devido às características dos serviços que são diferentes das operações de manufatura, devido a presença do cliente na produção dos serviços, este não é um fator impeditivo.

Cuatrecasas (2004) também estudou a aplicação do pensamento enxuto à processos de serviços. O autor ressalta que assim como existe uma limitação na aplicação do pensamento enxuto fora de ambientes com alto volume e pouca variedade, sua aplicação em operações de serviços também necessita de estudo cuidadoso para ser aplicado com sucesso. Esse cuidado é necessário pois as operações de serviço apresentam características que as distinguem da manufatura e, portanto, há necessidade de modificações nas ferramentas para aplicá-las.

Womack e Jones (2004) complementam que a filosofia da abordagem *lean* rapidamente se espalhou para diversas áreas, entre elas serviços e setor público.

Em sua pesquisa bibliográfica que estudou mais de 70 artigos do pensamento enxuto com foco no setor de serviços, Leite e Vieira (2015) entendem que grande parte dos autores consideram o fator humano envolvido nesse processo, pois diferentemente da indústria, há um grande envolvimento do cliente direto nos processos, seja no balcão de atendimento ou em um ponto de vendas. Outros autores mais recentes como Tyagi *et al.* (2015), Gadelha *et al.* (2015) e Calsavara (2016) seguem ratificando que os conceitos do pensamento enxuto foram expandidos para outros setores da economia, inclusive na prestação de serviços.

#### **2.4. Pensamento Enxuto na Cadeia de Óleo e Gás (O&G)**

A cadeia produtiva de petróleo e gás pode ser agrupada em três blocos: (i) *upstream*, onde se encontram as atividades correlatas à exploração e produção do óleo, (ii) *midstream* que é caracterizado pelas atividades de transporte, distribuição e comercialização do óleo e gás, e (iii) *downstream*, com as atividades de refino (KIMURA, 2005). Dentro do bloco de *upstream*, há empresas de diversos tipos, que se categorizam através de suas atividades, podendo ser operadoras (*operating companies*), perfuradoras (*drilling contractors*), e companhias de serviço (*service companies*), além das fabricantes de equipamentos (*suppliers*) (JAFARINEJAD, 2017).

Ao analisarmos o caminho do petróleo na perspectiva de Thomas (2004), a fase inicial está baseada nos estudos das formações geológicas e a prospecção dos poços de petróleo, para que a perfuração dos mesmos possa ser realizada nas posições de maior probabilidade de extração de grandes quantidades de óleo (ou gás). Após as etapas de perfilagem, a completção é realizada com objetivo de preparar os poços para produção. Após início das operações, ou seja, quando o petróleo passa a ser extraído, o mesmo é separado nas plataformas, e pode então ser transportado para os terminais. A partir desse ponto, ele é encaminhado para as refinarias, onde é processado e transformado em seus subprodutos.

Com o passar do tempo, os poços de petróleo vão diminuindo sua capacidade de produção, nesse momento alguns processos de intervenção e estimulação podem ser utilizados para aumentar a produtividade e vida útil dos mesmos. Entre essas intervenções, estão: (a) faturamento, isto é, um processo no qual um fluido sob pressão é aplicado contra a rocha-reservatória de petróleo até sua ruptura, e (b) a acidificação, ou seja, a injeção de um ácido com pressão inferior à pressão da formação, visando remoção de danos da mesma (THOMAS, 2004; CARDOSO, 2005; HAQUE *et al.*, 2017).

Como visto, ao longo da cadeia de óleo e gás, existem diversas organizações, processos e pessoas envolvidas. Todos estes agentes permitem que haja exploração do óleo bruto nos campos petrolíferos existentes em todo o mundo até se transformarem nos produtos finais que utilizamos em nosso dia-a-dia.

Neste contexto, as empresas pertencentes a esse setor estão se movimentando na implementação de estratégias que visam tornarem-se competitivas em um mercado marcado por uma demanda cíclica e muito competitivo com diversos países produtores em todo o mundo (HARAGOVICS; MIZSEY, 2014; SINKORA, 2015; IUDINA *et al.*, 2015; CALADO, 2017).

Em seu estudo, Freitas, Quelhas e Anholon (2017) apresentaram uma revisão sistemática da literatura com base em uma análise bibliométrica utilizando as bases Scopus e Scielo consultando mais de 300 artigos científicos que trataram da temática de *lean* e *lean six sigma* aplicados a indústria de petróleo e gás. Eles encontraram resultados desde o ano 2004, com um aumento da produção científica nesta área a partir de 2014.

Em seus resultados, eles evidenciam que existem ao todo 37 técnicas/ferramentas do *lean* e do *lean six sigma* utilizadas no setor de óleo e gás atualmente em áreas/processos como refinarias, operações de bombeamento, tratamento de água, estimulação de poços, registro da produção, materiais e manufaturas de peças. Em comum todas elas buscam a redução de desperdício, a padronização de trabalho, e o aumento de eficiência.

Branski e Ignácio (2017) também investigaram a aplicação *lean* na cadeia de petróleo, porém focaram na exploração e produção do petróleo, isto é o bloco *upstream* da mesma. Eles entenderam que pelo fato do preço do petróleo ter sofrido uma grande queda nos últimos anos, as empresas da cadeia de exploração e produção de petróleo passaram a sofrer uma grande pressão para reduzir seus custos e melhorar sua eficiência.

Em sua revisão sistemática da literatura baseada em artigos disponíveis nos Periódicos Capes, os autores buscaram por trabalhos que combinavam ferramentas *lean* na indústria do petróleo no período de 2005 a 2016 e encontraram que a ferramenta VSM (*Value Stream Mapping*), em português Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) é uma das mais aplicadas no gerenciamento de processos para perfuração de poços, além de exploração e recuperação dos mesmos. Outro ponto destacado em seus resultados foi a padronização de processos, também muito utilizada nas operações *upstream* da cadeia de petróleo.

Adeyemi (2013) corrobora, pois, confirma que pesquisadores e práticos tem utilizado ferramentas *lean* também para promover melhorias de fluxo de trabalho no bloco *upstream* do setor de óleo e gás.

As técnicas enxutas com origem no *lean six sigma* também foram usadas em operações para otimização de produção de petróleo através da integração de inteligência artificial (POPA *et al.*, 2005).

Denney (2010) estudou os conceitos enxutos para eliminar desperdícios por meio da remoção de análises excessivas para garantir a gestão de reservatórios de petróleo. Neste mesmo contexto, o monitoramento de poços de petróleo também foi afetado pelos princípios do pensamento enxuto (CHARLES *et al.*, 2012; ACHMAD, 2017).

Além disso, Castiblanco (2017) avaliou que as unidades de teste usadas em poços de petróleo, bem como suas operações também foram melhoradas com uso das ferramentas *lean*. As companhias de perfuração e as operadoras também sentiram melhorias neste mesmo contexto (RAWLINS *et al.*, 2012; ROMERO *et al.*, 2015; KINDI *et al.*, 2016; BASBAR *et al.*, 2016).

A aplicação de ferramentas *lean* também representou oportunidades para profissionais da segurança do trabalho dentro dos processos da indústria de óleo e gás. Eles usaram dessas ferramentas para trazer contribuições para os processos de negócios e chamar a atenção gerencial para desperdícios que ocorriam (MANUELE, 2007).

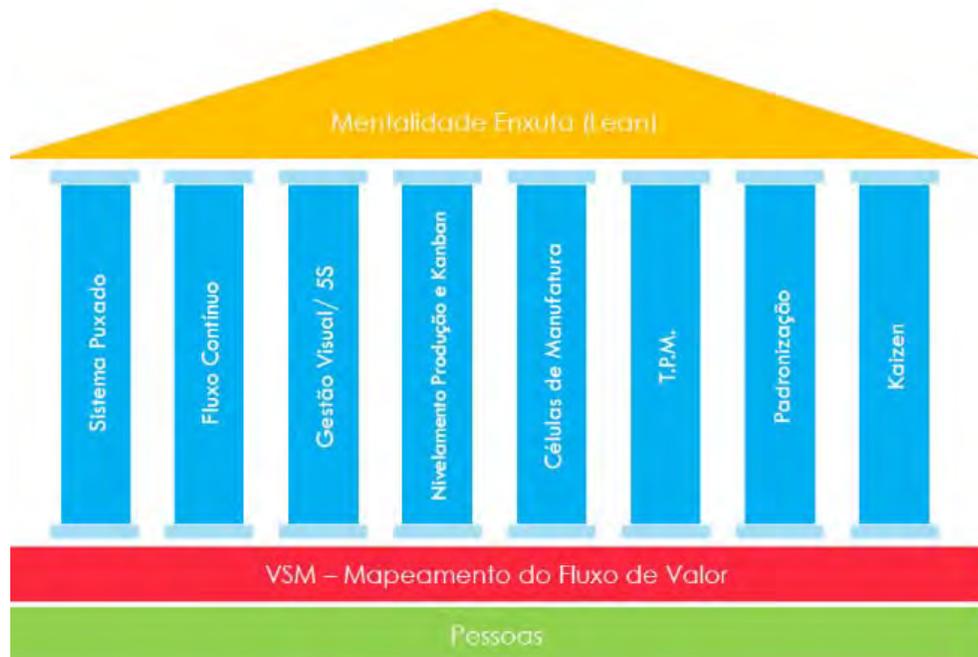
Neste contexto, questões de saúde, meio ambiente e segurança relacionados aos conceitos enxutos também foram explorados na literatura por autores como Williams e Robert (2005) e Hallowell *et al.* (2009).

Portanto, os conceitos *lean* podem ser usados não apenas para melhoria de eficiência e lucratividade, mas também para promover uma mudança cultural nas empresas do setor de óleo e gás, tornando suas operações mais seguras e sustentáveis (BUELL, 2006; TAUBITZ, 2010; KELBY, 2014).

## 2.5. Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)

Como visto na introdução deste trabalho, existem diversas ferramentas *lean* disponíveis para serem utilizadas por organizações que desejam mudar sua abordagem de produção de bens e/ou oferta de serviços, passando a se tornarem enxutas. Uma delas é o mapeamento de fluxo de valor (MFV).

Freitas (2017) e Freitas e Costa (2017) entendem que para uma organização atingir o estado enxuto, esta deve percorrer um caminho. O primeiro ponto é exatamente definir a estratégia de implantação com base nas necessidades da organização e do cliente. Este processo é ilustrado na Figura 1.



**Figura 1.** Base e pilares da mentalidade enxuta. Fonte: adaptado de Freitas (2017).

Com a estratégia definida, deve-se começar envolvendo as pessoas conforme base dos pilares da mentalidade enxuta ilustrada na Figura 1. Isso é feito através da obtenção do patrocínio da liderança e alta gerência, além de capacitar as pessoas quanto aos princípios do *lean* para atingir o apoio de todos envolvidos até a camada operacional. Assim, torna-se possível que todos dentro da organização caminhem na mesma direção e estejam focados em reduzir desperdícios e orientar seus processos sob a perspectiva do cliente conforme princípios da produção enxuta (FREITAS, 2017; FREITAS; COSTA, 2017).

Após o envolvimento das pessoas, o mapeamento de fluxo de valor é a ferramenta *lean* inicial que pode ser aplicada pelas organizações. De acordo com Werkema (2011), o MFV permite o entendimento do fluxo de valor de toda a organização e não apenas de processos ou setores individuais. Além disso, ele gera consenso sobre como está a organização atualmente, permitindo a identificação de etapas que geram valor e de pontos que estão ocasionando desperdícios.

Desta forma, como visto na Figura 1, o uso do mapeamento de fluxo de valor (MFV) está na base dos pilares da mentalidade enxuta por permitir a elaboração de um plano de ação para utilização das ferramentas *lean* mais adequadas ilustradas nas colunas da mesma figura, entre elas: o sistema puxado, o fluxo contínuo, o 5S, a gestão visual, as células de manufatura, a manutenção preventiva total, a padronização, o *kaizen*, aliadas com outras técnicas para otimizar o fluxo de valor de acordo com as oportunidades de melhoria identificadas (WERKEMA, 2011).

Estas ferramentas adicionais poderão auxiliar as organizações a alcançarem os objetivos traçados em seu plano de ação para atingir um estado futuro melhor para seus fluxos de valor. Este processo pode ser iniciado para uma família específica de produtos, e ir se expandindo dentro da organização até que esta atinja a mentalidade enxuta com base nos princípios defendidos por Womack e Jones (2004).

Existem diversos modelos de mapeamento de fluxo de valor disponíveis na literatura, entre eles: o MFV de Baker, Taylor e Mitchell (2009), o MFV de Jimmerson (2010), o MFV de Tapping *et al.* (2009), e o mapa de fluxo de informação (MFI) de Tapping e Shuker (2003). Além disso, Wahab *et al.* (2014) adicionam que é possível utilizar softwares de simulação para simular e analisar fluxos de processo, como por exemplo o ARENA.

No entanto, neste trabalho explora-se o modelo proposto por Rother e Shook (2003). Essa escolha se deu pelo fato do mesmo ser bastante difundido pela literatura e ter servido de base para os demais modelos que surgiram depois, que foram citados anteriormente.

Portanto, o MFV pode ser definido com uma ferramenta que diagrama o fluxo de material e informações. Ele focaliza no fluxo de informações e materiais para identificar melhorias e auxiliar no planejamento das iniciativas *lean*, objetivando atingir um estado futuro desejado através da captura e análise sistemática de dados (TAPPING; SHUKER, 2003).

Werkema (2011, p. 17) define o MFV nesta mesma linha de pensamento, como sendo “uma ferramenta que utiliza símbolos gráficos para documentar e apresentar de forma visual a sequência e o movimento de informações, materiais e ações que constituem o fluxo de valor da empresa”.

Autores como Nash e Poling (2008) e Strategosinc (2017) entendem que o MFV possui algumas lacunas, entre elas: não permitir que se adicionem medidas monetárias para o fluxo de valor; e o fato de não haver uma abordagem padrão que permita distinguir atividades que agregam valor, das que não agregam valor. Neste contexto, Cogan *et al.* (2016) relacionam o *lean* com a contabilidade das empresas, esse tema é chamado de *lean accounting* na literatura e cobre esta lacuna.

No entanto, Rother e Shook (2003) defendem o uso do MFV, pois entendem que se trata de uma ferramenta simples que provê uma imagem clara de múltiplos processos envolvidos no fluxo de trabalho, bem como permite a identificação de potenciais desafios que precisam ser superados em um estado futuro. Assim, ela possibilita que organizações de diversos setores industriais ou não sejam mais eficientes através da melhora de seus processos.

Tapping e Shuker (2003) também defendem os pontos positivos do uso da ferramenta. Eles argumentam que a mesma torna possível um estado futuro com redução de custos por meio da eliminação de desperdícios e a criação de fluxos suaves de informação, material e trabalho.

Em seu trabalho de revisão bibliográfica Jasti e Kodali (2014) pesquisaram 178 artigos publicados de 1990 a 2009 sobre o tema *lean manufacturing*. Ao todo, 35 deles utilizaram a ferramenta mapeamento do fluxo de valor (MFV) em estudos de caso.

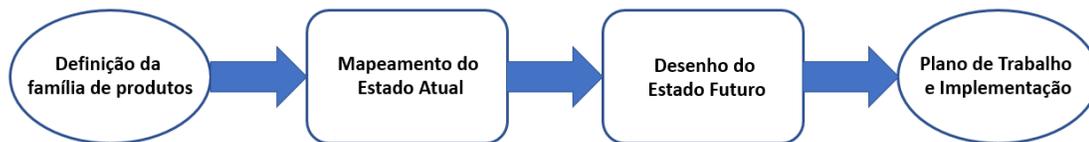
Segundo Elias, Oliveira e Tubino (2011, p.3), o mapeamento do fluxo de valor é uma técnica que facilita a identificação das perdas de processo e tem como objetivo principal “fazer fluir os materiais através dos processos, agregando valor, sem haver interrupções e desperdícios, até que este chegue ao cliente de forma a satisfazer as necessidades do mesmo”.

Rother e Shook (2003) entendem que o MFV deve levar em conta os processos num sentido amplo, ou seja, não deve considerar apenas os processos individuais. Desta forma é possível buscar melhorias no todo e não somente em partes isoladas dos processos das

organizações. Por esse motivo se faz necessário englobar no mapeamento o fluxo de materiais e o fluxo de informações para que as partes não estejam desconectadas.

### 2.5.1. Aplicação do MFV - definição da família de produtos

As etapas básicas do mapeamento de fluxo de valor com base no que é definido por Rother e Shook (2003), isto é: (i) definição da família de produtos, (ii) mapeamento do estado atual, (iii) desenho do estado futuro e (iv) plano de trabalho e implementação são ilustradas na Figura 2 a seguir e explicadas mais adiante.



**Figura 2.** Etapas do MFV. Fonte: adaptado de Rother e Shook (2003).

O MFV é uma ferramenta de comunicação, de planejamento de negócios e principalmente uma ferramenta para gerenciar um processo de mudança, passando de um estado atual para um estado futuro.

No entanto, antes de iniciar a utilização da ferramenta é necessário selecionar a família de produtos onde a mesma será aplicada, conforme evidenciado na Figura 2. De acordo com Rother e Shook (2003, p.6), “uma família é um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns nos seus processos”. Desta forma, a definição de qual família de produtos será mapeada, qual a demanda dos clientes e a frequência de entregas são informações primordiais para êxito da aplicação do MFV.

### 2.5.2. Aplicação do MFV – mapeamento do estado atual

Com a definição da família de produtos que será mapeada, pode-se avançar para o mapeamento do estado atual do fluxo de valor. Rother e Shook (2003) entendem que esta é a tarefa mais difícil de todo processo. Entender como está o estado atual do processo é crítico,

pois a melhoria do fluxo no estado futuro vai depender da correta execução desta etapa. Trata-se do retrato instantâneo do fluxo de valor como está ocorrendo antes de qualquer modificação.

Tyagi *et al.* (2015) sugerem que o estado atual seja mapeado após uma verificação *in loco*, no *gemba*, expressão japonesa que se refere ao local real onde os processos ocorrem. Isso significa sair do escritório e ir onde as pessoas estão executando suas atividades e ajudá-los a descobrir seus principais problemas e possíveis soluções.

Nesta etapa, é possível identificar as estações de trabalho dos processos no fluxo de valor, isto é, onde geralmente o material (e/ou serviço) é transformado ou trabalhado de alguma forma. Shingo (1996) complementa que as estações de processo são as operações as quais são perpendiculares ao fluxo de valor. Rother e Shook (2003) definem que a regra geral para se definir uma estação de trabalho é observar se entre os postos de trabalho o material está sendo transportado em lotes. Além disso eles entendem que deve-se verificar se a amplitude de variação de estoque entre os postos de trabalho é grande.

A etapa do mapeamento do estado atual do processo é importante também para a identificação de desperdícios que estão ocorrendo. Desta forma, deve-se analisar de forma crítica o fluxo de material e informação associando-os aos oito desperdícios que ocorrem comumente conforme definido por Ohno (1997) e Liker (2005).

Todas essas informações levantadas a respeito do fluxo de valor (informação e material) em seu estado atual são representados por elementos que serão descritos a seguir e que permitem a caracterização do mesmo com todas suas estações de processo, seus dados (como por exemplo tempos de ciclo atual), seus estoques (de matéria-prima, produto acabado e em processo), sua atual forma de suprimento por parte de fornecedores e se o fluxo está sendo puxado ou empurrado.

### **2.5.3. Aplicação do MFV – desenho do estado futuro e plano de ação**

Rother e Shook (2003) entendem que esta etapa 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 de tempo. Desta forma, é necessário questionar se cada estágio 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.

Portanto, dando continuidade aos passos propostos por Rother e Shook (2003) na Figura 2 para aplicação do MFV, os autores definem que após a análise crítica do processo em seu estado atual para identificar os desperdícios e as possíveis melhorias no fluxo de materiais e informação, é possível desenhar seu mapa de estado futuro, projetando uma situação futura que contemple as oportunidades de melhoria, onde os materiais e as informações fluam com processos balanceados e livres de desperdícios.

Para tornar essa tarefa possível, Rother e Shook (2003), listam alguns procedimentos que devem ser seguidos:

- (a) Produza de acordo com o seu *takt time*. Este tempo é utilizado para sincronizar o ritmo da produção com o ritmo da necessidade dos clientes em sistemas puxados. O cálculo deste tempo e de outras métricas *lean* serão detalhados na seção terciária 2.5.4 (página 21) deste capítulo 2 a seguir.

Guinato (2000) entende que a grande vantagem da utilização do tempo *takt* está em evitar os desperdícios de maneira geral, pois só se produz o que é consumido, como preconizado por um dos pilares do Sistema Toyota de Produção, o *Just-in-Time* (JIT). Rother e Shook (2003) corroboram ao entenderem que a definição da produção com base no tempo *takt* tem relevância para uma produção puxada, pois este evita o desperdício e a superprodução, tendo um número de referência para balancear as estações de trabalho.

- (b) Desenvolva um **fluxo contínuo** onde for possível. Em outras palavras, deve-se produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente de um estágio do processo para o seguinte sem nenhuma parada. Rother e Sook (2003) entendem que este é o modo mais eficiente de produzir.

Womack (2006) afirma que para execução desta etapa é necessário colocar tantas etapas de valor quanto possível em fluxo contínuo. Elias, Oliveira e Tubino (2011, p.4), complementam que “a meta é construir uma cadeia de produção onde os processos individuais são articulados aos seus clientes por meio de fluxo contínuo”.

- (c) Use **supermercado** para controlar a produção onde o fluxo contínuo não é aplicável. Rother e Shook (2003) sabem que existem alguns pontos no fluxo de valor onde não é possível estabelecer um fluxo contínuo. Desta forma o sistema puxado baseado em supermercados com *kanbans* de produção e retirada pode ser utilizado onde o fluxo contínuo é interrompido e o processo anterior ainda deve

operar em lotes. De acordo com Lean Enterprise Institute (2011), *kanban* “é um dispositivo sinalizador que autoriza e dá instruções para a produção ou para a retirada de itens em um sistema puxado”. Esse termo significa sinal em japonês. Em geral, eles são confeccionados em simples cartões de papelão, com informações sobre o que, quanto, quando e como produzir.

Werkema (2011) corrobora com Roher e Shook (2003) ao entender que o uso do sistema *kanban* evita o excesso de produção e reduz estoques, evitando desperdícios. Além disso, ele informa a todos os empregados, as prioridades de produção. No entanto, o sistema *kanban* não tem necessariamente de funcionar com cartões, o sistema *kanban* é qualquer processo que sirva para passar informação de um processo para o outro (MONDEN, 2014). Esse assunto é retomado na seção terciária 2.5.5 (página 23) deste capítulo 2 que discute os elementos integrantes do MFV.

- (d) Tente enviar a programação do cliente para **somente um processo da produção**.

Rother e Shook (2003) acreditam que com o uso do sistema puxado com supermercado, é necessário programar apenas um ponto no fluxo de valor porta-a-porta. Trata-se do processo puxado, a forma como se controla a produção neste processo chave é o que define o ritmo para todos os processos anteriores. Desta forma, no mapa do estado futuro, o puxador é o processo de produção que estaria sendo controlado pelos pedidos dos clientes.

Mecanismos como o FIFO<sup>1</sup> (*first-in, first-out*, primeiro a entrar, primeiro a sair) podem ser usados a partir deste processo puxador para estabelecer o fluxo contínuo nos processos subsequentes. No caso específico do FIFO, Rother e Shook (2003) entendem o mesmo como uma espécie de canaleta que pode armazenar apenas uma quantidade limitada de estoque, tendo o processo fornecedor na entrada do canaleta e o processo cliente na saída. Quando a linha FIFO enche, o processo fornecedor deve parar de produzir até que o cliente esgote parte do estoque.

- (e) **Distribua a produção** de diferentes produtos de forma uniforme no decorrer do tempo no processo puxador. Rother e Shook (2003) definem que este procedimento visa nivelar o *mix* de produção para os casos em que existem mais de um produto sendo transformando pelo mesmo fluxo de valor.

---

<sup>1</sup>FIFO (*first-in, first-out*) também é utilizado na ciência da computação para referir-se a estruturas de dados do tipo fila (FARIAS, 2017).

- (f) Crie uma **“puxada inicial”** com a liberação e retirada de somente um pequeno e uniforme incremento de trabalho no processo puxador. Rother e Shook (2003), entendem que grandes lotes de trabalho não favorecem a produção enxuta, fazendo com que o *lead time* do processo seja aumentado, além de uma resposta rápida a mudanças dos pedidos dos clientes fique inviabilizada. Desta forma, os autores entendem que deve ser estabelecido um ritmo de produção consistente para criar um fluxo de produção previsível e real. Assim, é interessante liberar de forma regular uma pequena quantidade de trabalho no processo puxado e retirar ao mesmo tempo a quantidade de produtos acabados, criando uma retirada compassada.
- (g) Desenvolva a habilidade de fazer **“toda peça todo dia”** (TPT) nos processos anteriores ao processo puxador. Rother e Shook (2003) alertam que esta diretriz só será possível de ser seguida nos casos em que os tempos de troca estiverem reduzidos, bem como a produção já esteja ocorrendo em lotes menores.

Por último, conforme ilustrado na Figura 2, 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 pode ser representado em uma folha A3 que mostra o que precisa ser feito e quando deve ser feito, além de conter metas quantificáveis e pontos de checagem claros com prazos reais (ROTHER; SHOOK, 2003).

#### **2.5.4. Aplicação do MFV – métricas *lean***

Como visto até aqui, o pensamento enxuto e suas ferramentas buscam eliminar os desperdícios, excluindo o que não tem valor para o cliente. Para isso, são necessárias algumas medidas ou métricas para quantificar como os resultados da organização podem ser classificados, como por exemplo, quanto à sua velocidade e eficiência (WERKEMA, 2011).

Werkema (2011) organizou as principais métricas com base em Rother e Shook (2003) e encontrou que os seguintes itens de controle devem ser calculados durante a aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV).

- (a) Tempo de ciclo (T/C) – A frequência com que uma peça ou produto é completada em um processo, cronometrada como observado. Também, o tempo que um

operador leva para percorrer todos os seus elementos de trabalho antes de repeti-los.

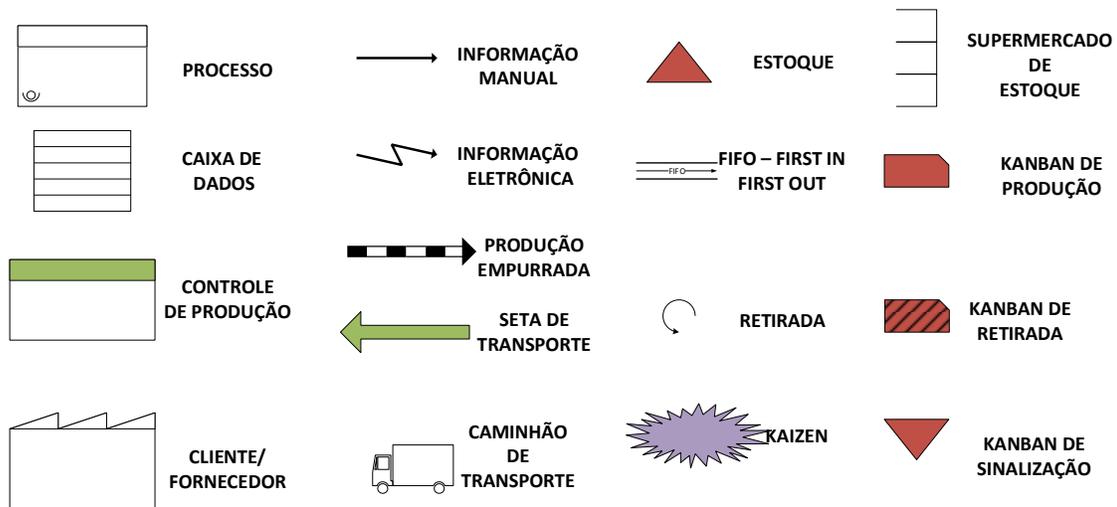
- (b) *Lead time* (L/T) – O tempo que uma peça ou produto leva para mover-se ao longo de todo um processo ou um fluxo de valor, desde o começo até o fim.
- (c) Tempo de agregação do valor (TAV) – O tempo dos elementos de trabalho que realmente transformam o produto de uma maneira que o cliente se disponha a pagar.
- (d) Tempo de não agregação de valor (TNAV) – O tempo gasto em atividades que adicionam custos, mas não agregam valor do ponto de vista do cliente.
- (e) Eficiência do processo (ECP) – indicador que mede a relação entre o tempo de agregação de valor (TAV) e o *lead time* (L/T).
- (f) Taxa de saída – o resultado de um processo ao longo de um período de tempo definido, expresso em unidade/tempo.
- (g) Trabalho em processo (WIP) – itens que estão dentro dos limites do processo, isto é, que foram admitidos no processo, mas ainda não foram liberados.
- (h) Tempo de *setup* ou tempo de troca (T/R) – o tempo gasto para alterar a produção de um tipo de produto para outro.
- (i) Tempo *takt* – o tempo disponível para a produção dividido pela demanda do cliente. De acordo com Rother e Shook (2003), o tempo *takt* é o ritmo imposto pelo cliente à produção, é uma palavra alemã que se refere a batida, ritmo. Esse tempo é calculado usando a Equação 1 a seguir.

$$takt\ time = \frac{\text{tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{demanda do ciclo por turno}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Aplicando a Equação 1 para um processo hipotético de uma empresa de manufatura, o tempo *takt* mostra sua relevância. Este processo hipotético tem uma demanda de produção ditada pelo cliente final de 2.880 peças por dia. Os operadores trabalham em um turno de 8 horas por dia, isto é, 28.800 segundos. Ao dividir o tempo de trabalho disponível por turno (28.800 segundos) pela demanda do ciclo por turno (2.880 peças), encontra-se um tempo *takt* de 10 segundos. Desta forma, essa demanda hipotética do cliente traduz-se em uma produção de uma peça a cada 10 segundos para esta empresa de manufatura para satisfazer a necessidade do cliente.

## 2.5.5. Aplicação do MFV – elementos integrantes

Em suas etapas descritas anteriormente, o MFV faz uso de símbolos, ícones, métricas e setas para permitir a visualização e melhorar o fluxo de materiais e informações necessário para produzir um produto ou ofertar um serviço para o cliente conforme alguns exemplos ilustrados pela Figura 3 a seguir.



**Figura 3.** Ícones do MFV. Fonte: adaptado de Rother e Shook (2003).

Como visto na Figura 3, Rother e Shook (2003) sugerem alguns instrumentos gráficos padronizados que podem ser usados durante o mapeamento de fluxo de valor, mas os autores ressaltam que os responsáveis pelo mapeamento podem incluir outros elementos que julgarem necessários para representar a realidade do processo de forma mais fidedigna possível.

As definições de cada elemento são descritas a seguir com base em Rother e Shook (2003):

- (a) Caixa de processo – representa as estações de trabalhos dos processos. São os estágios onde se agrega valor ao produto ou serviço.
- (b) Caixa de dados – onde se descreve os dados relativos aos processos, como por exemplo tempo de ciclo, tempo de *setup*, entre outros.
- (c) Controle de produção – representa o controle de produção da empresa, de onde saem as ordens de produção/serviço.
- (d) Cliente/Fornecedor – representa um fornecedor ou cliente localizado fisicamente fora da empresa mapeada.

- (e) Informação manual – esse elemento mostra o sentido em que flui a informação (convencional).
- (f) Informação eletrônica – esse elemento mostra o sentido em que flui a informação (eletrônica).
- (g) Produção empurrada – material que é produzido e movido para frente antes do processo seguinte precisar, em geral, baseado em uma programação.
- (h) Seta de transporte – indica que o material está sendo transportado naquela direção.
- (i) Transporte (caminhão) – utilizado para representar entregas e/ou recebimento de produto acabado e de matéria-prima.
- (j) Estoques – esse elemento indica a existência de matéria-prima ou produto final estoque.
- (k) FIFO – “*first-in, first-out*”. Indica um dispositivo para limitar e garantir o fluxo de material entre os processos. A quantidade máxima deve ser anotada.
- (l) Retirada – puxada de materiais, geralmente de um supermercado.
- (m) *Kaizen* – Representa a necessidade de *kaizen* (melhoria contínua), destacando as melhorias necessárias em processos específicos que são fundamentais para se chegar ao fluxo de valor desejado.
- (n) Supermercado de estoques – Um estoque controlado de peças é usado para a programação da produção em um processo anterior.
- (o) *Kanban* de produção - informa ao processo ou etapa anterior, o tipo e quantidade de produto a ser fabricado para repor o que foi consumido pelo processo posterior.
- (p) *Kanban* de retirada - indica o tipo e a quantidade de produto a ser movimentado e transferido para o processo posterior.
- (q) *Kanban* de sinalização - autoriza que o processo anterior fabrique um novo lote quando uma quantidade mínima do produto (ponto de reposição) é atingida.

A representação visual do processo proporcionada por esses elementos descritos permite a determinação de onde o desperdício ocorre, além da verificação de possíveis melhorias (ROSSATO *et al.*, 2013; VENKATARAMAN *et al.*, 2014).

Apesar de se tratar de uma ferramenta de baixa complexidade e de fácil aplicação, Liker e Meier (2005) complementam que é perigoso utilizar o MFV como um livro de receitas, pois é necessário conhecer bem o processo para mapeá-lo com precisão. Já Forno *et al.* (2014), que estudaram os principais problemas e desafios na literatura a respeito da implantação da

ferramenta MFV, entendem que um dos pontos importantes para o sucesso da mesma é o envolvimento da alta administração no processo.

De acordo com Rother e Shook (2003), algumas informações básicas devem ser coletadas a fim de se estabelecer o mapeamento de fluxo de valor, entre elas algumas vistas na seção 2.5.4 de métricas *lean* como: tempo de ciclo (T/C), tempo de troca (T/TR), tempo disponível por turno de trabalho no processo descontado os tempos de paradas e manutenções (disponibilidade), e o número de pessoas necessárias para operar o processo (mão-de-obra).

Rother e Shook (2003) sugerem que as pessoas utilizem lápis, borracha e papel para elaborar os mapas de fluxo de valor utilizando a ferramenta MFV, para que dessa forma possa alterar quantas vezes seja necessário até se atingir o mapeamento correto. Apesar da evolução da tecnologia, este recurso continua a ser recomendado e utilizado por outros autores mais contemporâneos (TYAGI *et al.*, 2015; GADELHA *et al.*, 2015; CALSAVARA, 2016).

Após a elaboração de esboços, é possível transcrevê-los para ambientes virtuais utilizando softwares como o MS Visio, FlexSim VSM, SmartDraw e Corel Draw. Um exemplo de mapeamento de fluxo de valor da situação atual de um processo hipotético da obra de Rother e Shook (2003) é apresentado na Figura 4.

Pode-se observar no mapa apresentado na Figura 4, os fluxos de informação e de materiais do processo hipotético utilizando a metodologia proposta por Rother e Shook (2003). No mapa, há na parte superior, da direita para esquerda o fluxo de informações, que compreende o planejamento e controle da produção desde a entrada do pedido na fábrica, até a compra da matéria prima utilizada para sua fabricação.

Ainda nesta área do mapa, há uma caixa que representa o cliente, onde pode-se analisar a demanda do mesmo e o ritmo de fabricação necessário para atendê-lo, isto é, o *takt time*, que é calculado pela relação entre a demanda por um determinado processo e o tempo disponível para realizá-lo.

Já na parte inferior da Figura 4, há o fluxo de materiais que engloba cada um dos processos produtivos que foram necessários para a transformação da matéria prima no produto final. Estes processos estão representados pelas caixas de dados, no sentido da esquerda para a direita. Os triângulos presentes entre as caixas representam os estoques de produtos que estão ocorrendo entre os processos. Estes podem ser calculados em dias de produção, para que no final seja possível somar os tempos de processamento de cada processo para formar o *lead time* total para entregar o produto ao cliente.

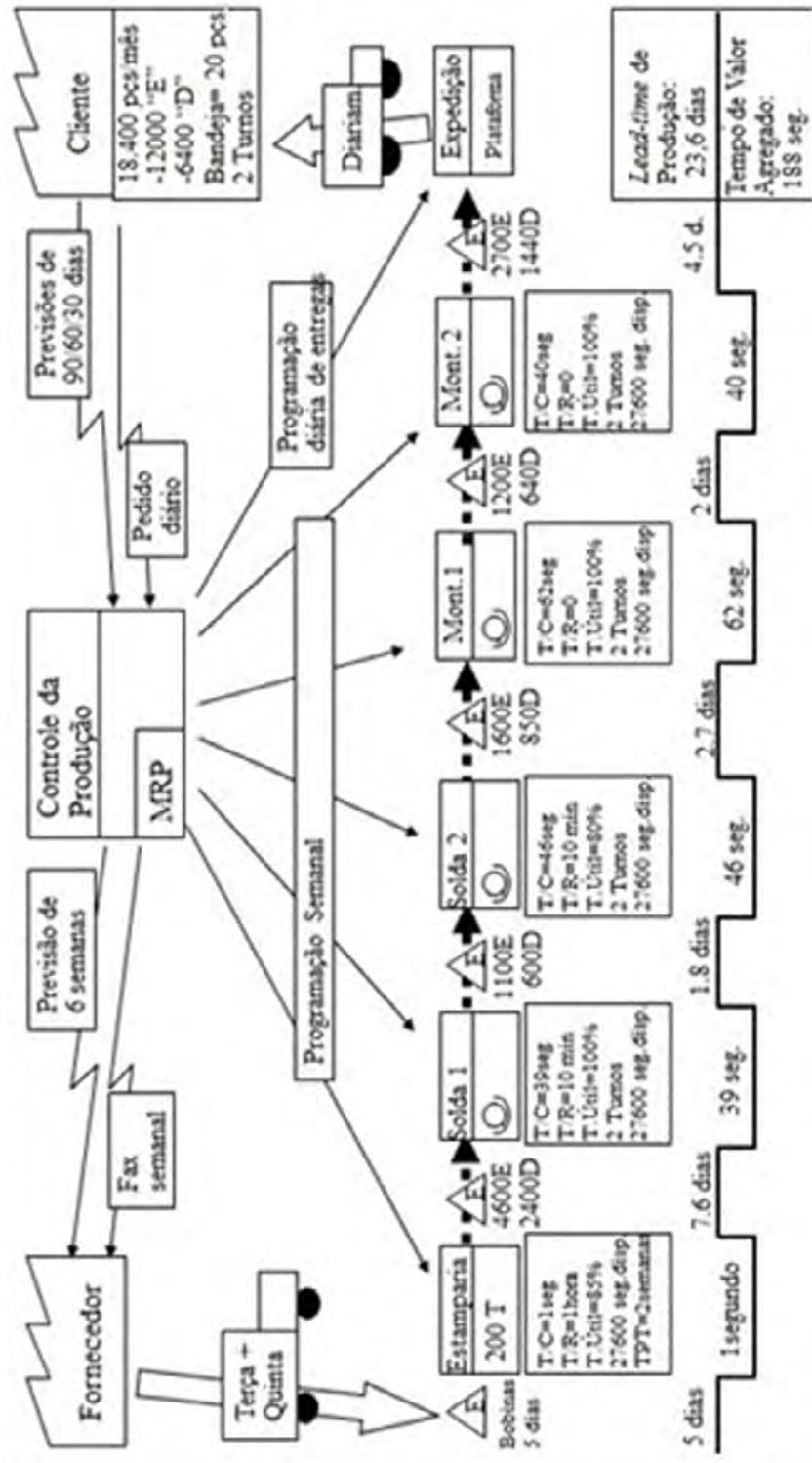


Figura 4. Exemplo de MFV – estado atual. Fonte: adaptado de Rother e Shook (2009).

Por fim, ainda na parte inferior do mapa apresentado na Figura 4, é possível notar a linha do tempo, que tem a função de representar os tempos de agregação de valor e não agregação de valor do fluxo em estudo.

## **2.6. Mapeamento do Fluxo de Valor aplicado no setor O&G**

Como visto, o pensamento enxuto e suas ferramentas alcançaram diversos setores da economia. A cadeia de óleo e gás e seus respectivos processos também foram afetados por ele. As organizações pertencentes a este setor entenderam que poderiam fazer uso das diversas ferramentas experimentadas com sucesso primeiramente no ramo automotivo para buscarem melhores desempenhos.

Nesta seção do segundo capítulo, destacam-se pesquisas que utilizaram especificamente a ferramenta mapeamento de fluxo de valor (MFV) em processos do setor de óleo e gás. Ratnayake e Chaudry (2016, 2017) trabalharam a utilização dos conceitos da abordagem *lean seis sigma* para demonstrar a possibilidade de manter *performance* sustentável na indústria do petróleo através do seu estudo de caso.

Os mesmos autores selecionaram o processo de especificação técnica para requisição de compra de válvulas (do tipo borboleta, de esfera, gaveta e de alívio de pressão) para demonstrar que ferramentas *lean* podem suportar uma *performance* sustentável através de um mapeamento e análise de fluxo de valor eficientes. Esse processo e seus subprocessos pertencentes a uma empresa do tipo operadora de engenharia estava ocorrendo com baixa *performance* e eles desejam entender suas barreiras. Assim, eles utilizaram o mapeamento de fluxo de valor (MFV) para visualizar seu estado atual, em seguida utilizaram a análise de fluxo de valor para investigá-lo e então puderam propor o mapa de estado futuro com possíveis melhorias que iriam permitir uma *performance* sustentável para produção de petróleo e processos que facilitassem sua manutenção.

Ratnayake e Chaudry (2016, 2017) concluíram que a futura eliminação de desperdícios no processo estudado permitiria um retorno de investimento (em aspectos financeiros e econômicos), bem como no aumento de segurança e saúde para os operadores envolvidos na utilização dos equipamentos adquiridos de forma a garantir a *performance* sustentável. Assim o estado futuro proposto pelos autores poderia aumentar em 91,4% a eficiência do ciclo do processo quando comparado com o estado atual, principalmente com a garantia da entrega dos projetos em dia. Além disso, a visualização da diferença de *performances* atual e futura por

parte dos gerentes e líderes facilita a tomada de ações para garantir a *performance* sustentável e a melhoria contínua.

Rachman e Ratnayake (2016) implementaram o MFV em um projeto de avaliação de inspeção baseada no risco para identificar desperdícios e fornecer recomendações para futuras melhorias em uma empresa de engenharia de serviços da cadeia de óleo e gás. Após aplicarem o mapeamento do estado atual, os autores identificaram desperdícios em oito dimensões diferentes, como por exemplo retrabalhos, erros, atrasos, entre outros. Após análise da situação, eles propuseram uma modelagem do processo de inspeção baseada no risco num estado futuro, bem como um plano de ação que utiliza ferramentas *lean* para atingir o mesmo e melhorá-lo de forma contínua. Os autores vislumbram que ciclo de eficiência do processo será melhorado em até 14,5%, saltando de atual 38,6% passando para 53,1%.

Wenchi *et al.* (2015) aplicaram a ferramenta MFV em processos de manutenção do tipo “*turnaround*”, que é composto por atividades de inspeção, limpeza, reparos, troca de partes na indústria de óleo e gás para garantir a confiabilidade de suas plantas. Utilizando uma abordagem de estudo de caso, os autores mediram a melhoria da eficiência através da aplicação do MFV em uma planta de refinaria de gás natural. Após realizarem as três etapas básicas da ferramenta, isto é, mapeamento do estado atual, sua análise crítica e proposta de estado futuro, os autores entendem que o processo sairia de uma taxa de 42% de valor agregado, passando para 55% através da redução de desperdícios e consequente aumento de eficiência.

Allan, Gold e Reese (2013) avaliaram a aplicação dos princípios de processos *lean* à gestão de reservatórios de petróleo. Eles concluíram que as ferramentas *lean*, incluindo o MFV podem e devem ser aplicados em diferentes processos que compõe a gestão de um reservatório de petróleo com objetivos de reduzir desperdícios e aumentar eficiência na exploração e produção do óleo.

Por último, Milan *et al.* (2014) buscaram melhorar os processos de negócios de uma empresa do setor de óleo e gás, em específico na gestão de recursos humanos. Para isso eles usaram uma metodologia alinhada com a escola de negócios de Harvard para melhoria de processos de negócios desta empresa utilizando a ferramenta *lean* de mapeamento de fluxo de valor (MFV). Eles tiveram como resultados nesse estudo empírico, a redução de níveis hierárquicos dentro da empresa, além de aumento de eficácia (qualidade) e eficiência (produtividade) em seus processos com redução de *lead time* e uso de recursos.

### **3. Caracterização da Organização e Processo REFT**

Neste capítulo, a empresa Beta, onde esta pesquisa foi aplicada é caracterizada e descrita. Além disso, são fornecidas informações a respeito do objeto de estudo deste trabalho, isto é, o processo de recertificação de equipamentos *flowline* de terceiros (REFT).

#### **3.1. Organização**

A empresa objeto de estudo deste trabalho é pertencente do bloco *upstream* da cadeia de óleo e gás (O&G), trata-se de uma multinacional que fabrica produtos (equipamentos) e fornece serviços para empresas perfuradoras e companhias de serviço da cadeia de petróleo e gás, tanto para as atividades *onshore* (em terra) como *offshore* (em alto mar). A empresa estudada é de nacionalidade americana, fundada em 2005 (após a fusão de diferentes empresas), com operações em mais de 1200 localidades espalhadas pelo mundo. Em 2017, a empresa possuía 35.000 colaboradores em todo o mundo. A organização é dividida em três grandes segmentos de negócios, que juntos conseguem fornecer soluções e equipamentos para todas as etapas do bloco *upstream* da cadeia de petróleo, desde a exploração até a produção do óleo como produto final.

No Brasil, mais precisamente na cidade de Macaé-RJ, a empresa possui seis filiais de diferentes segmentos de negócios, com aproximadamente 500 funcionários no total (em 2017). Denomina-se “filial” cada empresa cadastrada sob um CNPJ (Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica) diferente, porém, todas elas fazem parte de uma mesma empresa matriz, sediada em Houston, EUA.

A filial objeto de estudo deste trabalho, aqui denominada empresa Beta tem como atividade principal a prestação de serviços de manutenção e recertificação nos equipamentos de seus clientes locais. Ela iniciou suas atividades no Brasil no ano de 2010 com vendas de peças de reposição e com o passar do tempo expandiu suas atividades e começou a oferecer serviços para seus clientes.

A empresa Beta possui treze colaboradores em diferentes setores, além de colaboradores terceirizados. As atividades operacionais envolvidas no escopo de prestação de serviços já estão padronizadas e são realizadas através de instruções de trabalho e procedimentos de manutenção. Estas estão interligadas com outros processos dos setores de engenharia, comercial e administrativo por exemplo.

A empresa Beta possui quatro grandes clientes na cidade de Macaé-RJ. Tratam-se de outras multinacionais instaladas no Brasil, chamadas de companhias de serviço, e que realizam operações de intervenção e estimulação de poços operados em sua maioria pela Petrobras e também por outras multinacionais, como por exemplo a Shell. Os clientes da empresa Beta possuem ativos (equipamentos) para diferentes tipos de operação. No que se refere a equipamentos do tipo *flowline*, tratados pelo processo REFT da empresa Beta, estima-se que eles possuam 7.000 unidades, sendo divididos em *pup joints*, *plug valves*, *check valves*, *tees*, curvas e adaptadores. Estes equipamentos são exemplificados na Figura 5 a seguir.



**Figura 5.** Ilustração de equipamentos tipo “*flowline*”. Fonte: documento interno da empresa Beta.

Os clientes da empresa Beta possuem centenas de cada um dos equipamentos exemplificados na Figura 5. Todos eles devem passar por recertificação anual para serem considerados aptos a retornarem para as operações, conforme será explorado nas duas próximas seções deste capítulo.

Estes clientes enviam seus equipamentos para recertificação em lotes, isso ocorre pois eles necessitam conectar vários equipamentos uns aos outros para montar as linhas rígidas que fazem a transferência de fluidos e partículas sólidas para realizar intervenção e estimulação de poços petrolíferos. Estes lotes variam de 1 a 201 equipamentos com base no histórico de lotes avaliados de 2015 a 2017 em documentos internos da empresa.

Em Macaé, a empresa Beta possui outros dois outros concorrentes, tratam-se de empresas brasileiras. Estes oferecem serviços técnicos similares ao que ela presta, principalmente o serviço de recertificação de equipamentos do tipo *flowline* de terceiros. Como vantagem competitiva, a empresa Beta é a única entre as três que é também fabricante desses equipamentos (em suas plantas no exterior). Desta forma, possui um conhecimento e acervo técnico a respeito dos equipamentos maior que seus concorrentes. Isso aumenta a confiabilidade em seus processos por parte dos clientes. Como desvantagem, as empresas brasileiras oferecem um custo de serviço menor que o da empresa Beta. Isso deve ser superado com a oferta de

serviços com alto nível de qualidade, além da busca pela redução de desperdícios em suas operações.

### **3.2. Processo REFT**

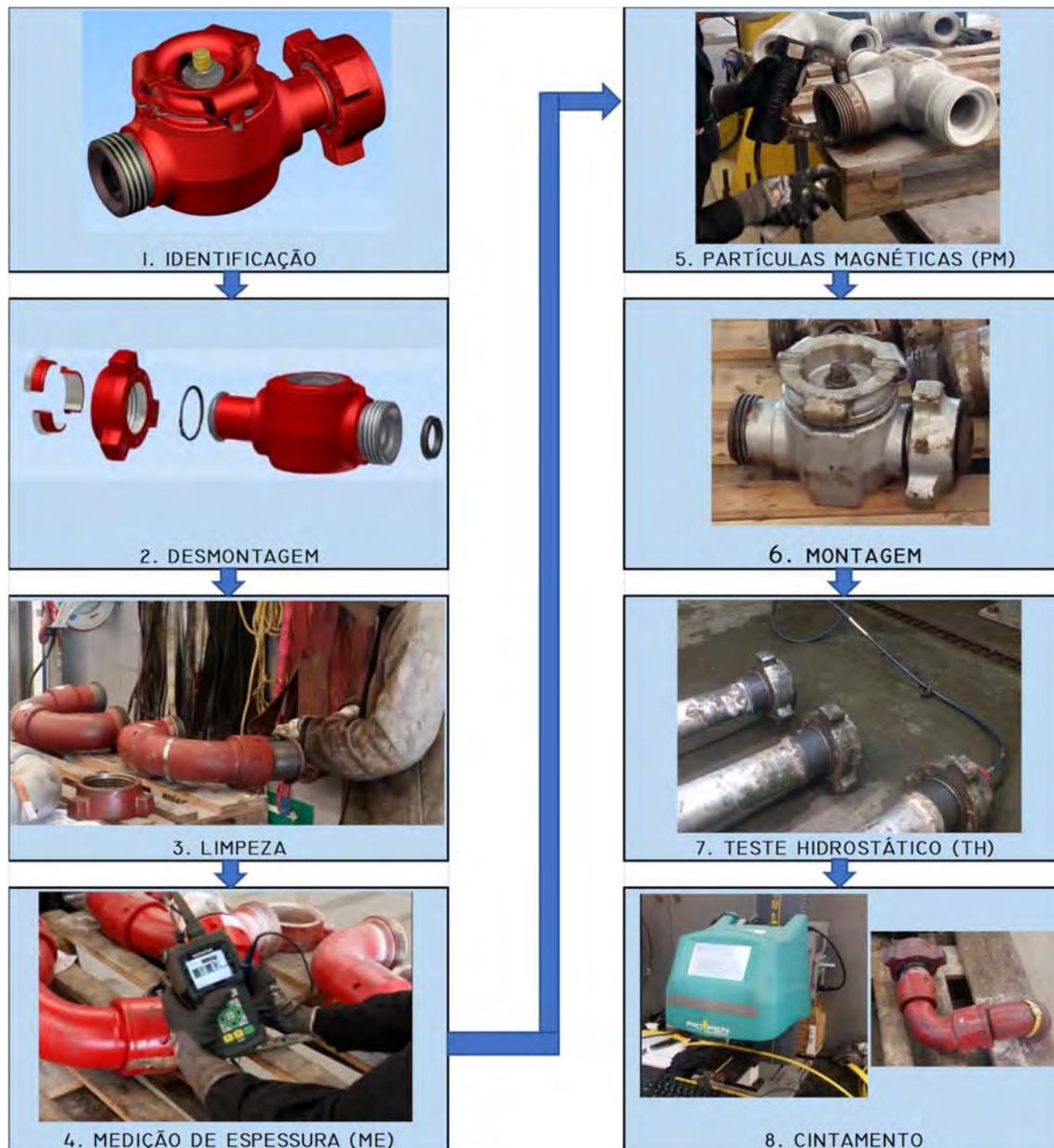
O processo escolhido para estudo neste trabalho foi o “recertificação de equipamentos *flowline* de terceiros (REFT)” pelo fato deste representar mais de 90% dos serviços prestados pela empresa Beta. Além disso, ele é responsável pela geração de maior valor agregado para seus clientes, que tem seus ativos inspecionados e verificados ao longo do processo como será visto adiante.

Em essência, famílias de serviços relacionados a esses equipamentos *flowline* de propriedade dos clientes estão envolvidos na maior parte de processos de *piping* da indústria de O&G, e são responsáveis pela transferência de fluidos (água, óleo, lama e outras misturas de líquido) e de partículas sólidas (areia e/ou gás).

Desta forma, a correta inspeção destes ativos possui alta criticidade para o setor e tem impacto na *performance* operacional de seus proprietários nos campos petrolíferos, bem como em seus quesitos e objetivos de qualidade, saúde e segurança do trabalho.

A sequência de operações do processo REFT é ilustrado na Figura 6. O mesmo é composto por (1) identificação, (2) desmontagem, (3) limpeza, (4) medição de espessura (ME), (5) inspeção por partículas magnéticas (PM), (6) montagem, (7) teste hidrostático (TH) e (8) cintamento.

A sequência de operações ilustrada na Figura 6 é realizada com base em procedimentos de operação definidos pelo setor de engenharia da empresa Beta. Desta forma, o processo REFT garante a confiabilidade dos equipamentos utilizados nas operações petrolíferas de seus clientes. Na empresa Beta, ele é executado por um time de quatro operadores, composto por um supervisor, dois mecânicos e um inspetor mecânico.



**Figura 6.** Sequência de operações do processo REFT. Fonte: elaboração própria.

### 3.3. Demanda para processo REFT

Como descrito anteriormente, o processo REFT é responsável por 90% do faturamento da empresa Beta. Este dado foi obtido considerando o período de 2015 a 2017.

Estima-se que os quatro maiores clientes locais da empresa Beta na cidade de Macaé, possuem um ativo de equipamentos do tipo *flowline* de 7000 unidades no total. De acordo com as boas práticas de conservação desses equipamentos, eles devem ser recertificados ao menos uma vez por ano para que possam ser considerados aptos para retornar às operações petrolíferas. Considerando que o ano de 2017 teve 251 dias úteis, essa quantidade estimada representaria uma demanda diária de aproximadamente 28 equipamentos de clientes (terceiros) que poderiam passar pelo processo REFT executado pela empresa Beta por dia. Este é, portanto, o potencial mercado que a empresa Beta pode explorar ofertando o serviço REFT.

Cabe salientar, que nem toda essa demanda é convertida em serviços contratados para a empresa Beta. Diversos fatores influenciam a decisão do cliente em recertificar ou não seu ativo de equipamentos *flowline* na empresa Beta, como por exemplo: (a) a sua taxa de utilização – o equipamento pode ficar mais de um ano sem ser utilizado por exemplo; (b) a concorrência – existem outras empresas que executam o processo REFT, para onde os clientes podem enviar seus equipamentos; (c) o cliente realizar a recertificação em seus equipamentos por conta própria, isto é, utilizando seus próprios operadores para realizarem as etapas envolvidas no processo.

Em 2015, a demanda total para o processo REFT na empresa Beta foi de 200 equipamentos. Em 2016, esse número subiu para 933 equipamentos. Em 2017 a demanda atingiu o número de 1156 equipamentos recebidos e inspecionados. Essa evolução é explicada pelo fato da empresa Beta ter começado a realizar esse processo e oferecer a seus clientes em 2015. Assim, em 2017, a empresa Beta atingiu 16,5% (1156 equipamentos) do potencial mercado existente (7000 equipamentos) para o serviço prestado pelos seus operadores ao longo do processo REFT.

## 4. Metodologia

Nesta pesquisa de orientação epistemológica interpretativista, de natureza qualitativa, do tipo aplicada e pesquisa-ação foram usados diferentes recursos metodológicos ao longo de seu desenvolvimento. A pesquisa bibliográfica a respeito dos principais temas relacionados a pergunta pesquisa deste trabalho foi o ponto de partida do trabalho. Além disso, a pesquisa-ação com base no que é definido por Thiollent (2009), aliada a técnicas de coletas de dados como a observação participante e não participante, bem como a pesquisa documental foram de extrema importância para que os objetivos propostos inicialmente pudessem ser atingidos.

A natureza qualitativa se mostra mais apropriada quando se deseja se aprofundar em uma questão ou problema, permitindo uma exploração que ocorre devido à necessidade de estudar um grupo específico ou população (CRESWELL, 2014).

Neste caso trata-se do estudo do processo de recertificação de equipamentos *flowline* de terceiros (REFT) de uma empresa do setor de óleo e gás do Brasil, denominada empresa Beta.

### 4.1. Procedimentos Metodológicos

Nesta seção, descrevem-se os procedimentos metodológicos utilizados ao longo desta pesquisa.

Como ponto de partida deste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica consultando artigos científicos e livros a respeito dos seguintes temas: (a) o surgimento do Sistema Toyota de Produção; (b) os princípios e da evolução da produção enxuta, (c) o pensamento enxuto aplicado no setor de serviços; e (d) o pensamento enxuto aplicado na cadeia de óleo e gás. Todas as buscas foram realizadas no primeiro semestre de 2017, entre os meses de janeiro e junho.

Para isso, as obras de referência da área, isto é, Womack, Jones e Roos (2004), Womack e Jones (2004) foram utilizadas. Outros dezessete livros (nacionais e internacionais) serviram de apoio para esta construção. Além disso, vinte e cinco artigos disponíveis em periódicos internacionais e cinco em periódicos nacionais foram consultados. Por último, onze artigos de conferências internacionais também foram consultados para prover robustez ao referencial teórico destes assuntos. Esses itens são apresentados nas seções secundárias 2.1 a 2.4 do capítulo de revisão de literatura deste trabalho.

Em seguida, realizou-se a revisão bibliográfica a respeito dos conceitos e diretrizes da ferramenta *lean* Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). Para isto, a obra de referência de Rother e Shook (2003) foi utilizada. Outros quinze livros (nacionais e internacionais) foram consultados. Aliado a isso, outros nove artigos de periódicos/conferências internacionais e três artigos de periódicos nacionais foram consultados. A revisão deste tema possui relevância para a pesquisa pois a partir dela foi possível selecionar a metodologia proposta por Rother e Shook (2003) para diagramar os fluxos de material e informação do caso real tratado neste trabalho. Esse item é apresentado na seção secundária 2.5 do capítulo de revisão de literatura desta pesquisa.

Por último, ainda na fase de revisão de literatura foi feita uma revisão para obtenção de dados qualificados a respeito da utilização da ferramenta MFV aplicados em processos da indústria de óleo e gás. Ao todo, seis artigos de periódicos internacionais foram utilizados. Essa revisão é apresentada na seção 2.6 do capítulo de revisão de literatura desta pesquisa.

A revisão dos temas mencionados anteriormente possibilitou um levantamento do estado da arte e cobertura de uma alta gama de fenômenos dos temas em questão (GIL,2010).

Como visto, o referencial foi construído a partir de consultas à livros referência, além de artigos nacionais e internacionais encontrados nas bases de dados do Periódicos Capes, Scopus e *Web of Science* com buscas realizadas entre janeiro e junho de 2017.

## **4.2. Pesquisa-ação**

Superada a questão do levantamento bibliográfico, a pesquisa-ação teve papel importante na condução desta pesquisa. Esta metodologia de acordo com a proposta de Thiollent (2009) tem aplicação em pesquisas sociais com base empírica e é concebida em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo, no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

Thiollent (2009) entende que na pesquisa social aplicada, em particular na pesquisa-ação, os problemas colocados são inicialmente de ordem prática, isto é, procura-se soluções para se chegar a alcançar um objetivo ou realizar uma possível transformação dentro da situação observada. Assim um problema de pesquisa dessa natureza é colocado da seguinte forma: (a) análise e delimitação da situação inicial; (b) delineamento da situação final, em função de critérios de desabilidade e factibilidade; (c) identificação de todos os problemas a serem

resolvidos para permitir a passagem dos itens anteriores; (d) planejamento das ações correspondentes e por fim (e) execução e avaliação das ações. No caso desta pesquisa trabalha-se a transformação do processo REFT passando de sua situação atual para um final desejada pela organização em estudo.

Assim, o pesquisador tem um papel ativo na própria realidade dos fatos observados nesta pesquisa, mais uma característica da pesquisa-ação defendida por Thiollent (2009), que entende que quando a mesma é bem conduzida, pode trazer respostas como a resolução do problema, tomada de consciência e a produção de conhecimento.

Cazzolato (2008) corrobora, pois, entende que o maior objetivo da pesquisa-ação é proporcionar novas informações, além de gerar e produzir conhecimento que possam trazer melhorias e soluções para toda a organização.

Outros autores como McKay e Marshall (2001) e Coughlan e Coughlan (2002) propõem diferentes ciclos para a pesquisa-ação, com mais ou menos etapas quando comparados ao modelo de Thiollent (2009), porém todos eles entendem ser esta uma metodologia eficiente e eficaz para diagnóstico de problemas organizacionais, bem como em suas soluções.

Tripp (2005) complementa que a pesquisa-ação tende a ser participativa, funcionando melhor com a cooperação e colaboração entre os sujeitos de pesquisa. Além disso, ele entende que muitas vezes a pesquisa-ação caminha junto com a o método de estudo de caso (narrativo) para se conseguir uma dissertação do processo percorrido, visto que este último método pode ser empregado para contar a história do projeto e seus resultados.

Desta forma, a pesquisa-ação com base no que é definido por Thiollent (2009) foi utilizada para aplicar a ferramenta MFV ao processo REFT da empresa Beta ao longo dos anos de 2017 e 2018 e atingir os objetivos propostos por esta pesquisa.

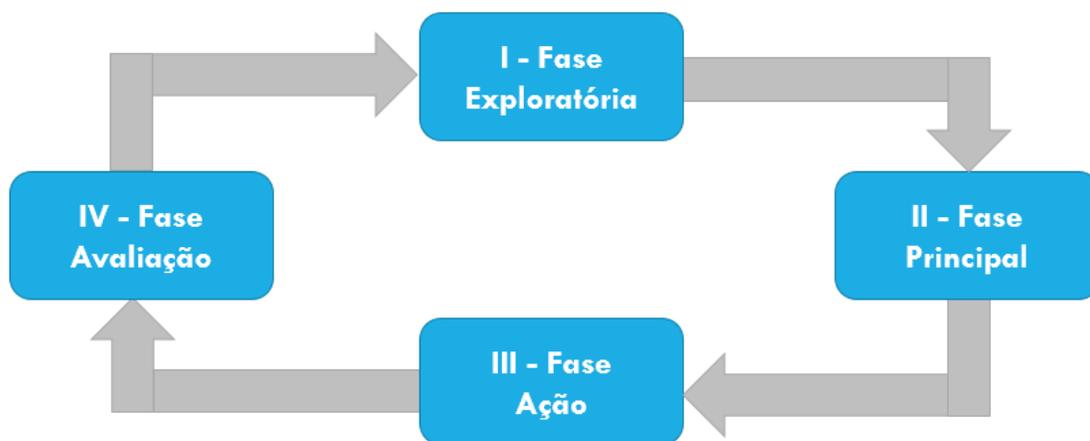
#### **4.2.1. Etapas da pesquisa-ação**

Thiollent (2009) entende que o planejamento de uma pesquisa-ação é muito flexível. Por isso, o roteiro colocado pelo autor é apenas um ponto de partida. Ele define que a pesquisa deve ser iniciada com a fase exploratória. As demais etapas, isto é, organizar um seminário, colocar um problema, coletar dados, e elaborar um plano de ação devem ser definidas de acordo com as circunstâncias e dinâmica interna entre o pesquisador, demais participantes e situação investigada. Thiollent (2009) entende ainda que no final da pesquisa-ação, deve haver a divulgação de resultados.

Desta forma, para atingir o objetivo final desta pesquisa, as fases foram organizadas com base na metodologia proposta por Thiollent (2009) e definidas de acordo com os objetivos intermediários desta pesquisa.

Assim, as fases desta pesquisa-ação foram alinhadas com o que Thiollent (2009) entende que um problema pesquisa dessa natureza deve ser tratado, ou seja, passando por (a) análise e delimitação da situação inicial; (b) delineamento da situação final, em função de critérios de desabilidade e factibilidade; (c) identificação de todos os problemas a serem resolvidos para permitir a passagem dos itens anteriores; (d) planejamento das ações correspondentes e por fim a (e) execução e avaliação das ações.

A Figura 7 ilustra o encadeamento das etapas desenvolvidas ao longo desta pesquisa. Todas as etapas foram realizadas para alcançar o objetivo final deste trabalho, isto é, aplicar a ferramenta MFV ao processo REFT da empresa Beta, mapear seu estado atual, propor melhorias em um mapa de estado futuro e avaliar o real impacto desta intervenção nos indicadores de desempenho do processo.



**Figura 7.** Etapas da pesquisa-ação. Fonte: elaboração própria.

As fases ilustradas na Figura 7 são relacionadas com as fases da pesquisa-ação proposta por Thiollent (2009), e com os objetivos intermediários desta pesquisa na Tabela 1 a seguir. Além disso, essa tabela apresenta o cronograma estipulado para cada fase da pesquisa.

**Tabela 1.** Fases da pesquisa alinhadas com metodologia e objetivos.

<b>Fase da Pesquisa</b>	<b>Thiolent (2009)</b>	<b>Objetivos da Pesquisa</b>	<b>Cronograma</b>
I - Fase Exploratória	- análise e delimitação da situação inicial. - delineamento da situação final, em função de critérios de desabilidade e factibilidade.	- Realizar o um diagnóstico atual do processo REFT.  - Definir o estado atual do processo REFT, isto é, seus fluxos de material e informação por meio do MEA.	Agosto e Setembro de 2017.
II - Fase Principal	- identificação de todos os problemas a serem resolvidos para permitir a passagem dos itens anteriores.	- Realizar análise crítica do MEA com objetivo de sugerir melhorias e propor o MEF junto ao plano de ação a ser executado;	Setembro a Novembro de 2017.
III - Fase Ação	- planejamento das ações correspondentes;	- Implementar o plano de ação para alcançar o MEF.	Dezembro de 2017 a Março de 2018.
IV - Fase Avaliação	- execução e avaliação das ações.	- Verificar o impacto da utilização da ferramenta MFV nos indicadores de eficiência e lucratividade do processo REFT após a implantação do MEF.	Abril a Julho de 2018.

Fonte: elaboração própria.

A fase exploratória consiste “em descobrir o campo de pesquisa, os interessados e suas expectativas e estabelecer um primeiro levantamento “ou diagnóstico” da situação, dos problemas prioritários e de eventuais ações” (Thiolent, 2009, p.52). No caso dessa pesquisa, essa fase deve levantar indicadores e dados do processo REFT, como por exemplo: qual sua demanda, qual sua média de recertificação de equipamentos diária, e se as entregas estavam sendo feitas nos prazos acordados com os clientes. Este é o primeiro objetivo intermediário desta pesquisa.

Após a fase exploratória, foi definida a fase principal da pesquisa. Durante esta fase, o seminário central da pesquisa-ação deve ser constituído com o pesquisador e os membros da

empresa Beta que estão implicados no problema sob observação. Além disso, a coleta de dados deve ser realizada nesta fase com base nas técnicas de observação participante e não participante. Os dados coletados nesta fase devem servir de referência para constituição do mapa do estado atual do processo REFT utilizando a ferramenta mapeamento de fluxo de valor por meio de metodologia proposta por Rother e Shook (2003). Este é o segundo objetivo intermediário desta pesquisa.

A terceira fase da pesquisa, denominada fase ação foi dividida em duas partes. Essa divisão ocorreu pelo fato desta fase ser a mais extensa de todas as quatro, e envolver uma primeira parte contendo planejamento de ações e uma segunda parte contendo a execução das ações.

Assim, a primeira parte da fase ação divulga os resultados encontrados até a fase anterior, isto é, o mapa do estado atual e diagnóstico do processo REFT. Então, os membros do seminário central em conjunto com o pesquisador devem analisá-lo criticamente e propor melhorias por meio da redução de desperdícios e retrabalhos com auxílio pelo recomendado na revisão de literatura desta pesquisa. Desta forma, o resultado desta fase deve entregar o desenho do mapa em um estado futuro, bem como um plano de trabalho a ser implementado para atingir o estado otimizado e mais eficiente. Este é o terceiro objetivo intermediário desta pesquisa.

A segunda parte da fase ação deve implementar o plano de ação que foi pensado na primeira parte, ou seja, executar as intervenções necessárias no chão de fábrica da empresa Beta, para tornar as estações de trabalho mais próximas, reduzindo movimentações, além de mudanças nos fluxos de informação e material, evitando formação de estoques desnecessários. Todas essas modificações tem o objetivo de tornar o processo REFT mais eficiente e atingir o estado futuro, que foi previamente pensado. Este é o quarto objetivo intermediário desta pesquisa.

A última fase da pesquisa-ação, isto é, fase avaliação foi elaborada para atingir o último objetivo intermediário e por consequência cumprir objetivo final desta pesquisa, ou seja, avaliar o impacto efetivo da utilização da ferramenta MFV nos indicadores de eficiência e lucratividade do processo REFT. Assim, foi possível verificar se o estado futuro desejado cumpriu as expectativas e se a ferramenta MFV cumpriu sua função de otimizar um relevante processo de prestação de serviços da empresa Beta. Este é o quinto objetivo intermediário desta pesquisa.

#### 4.2.2. Fase exploratória

Como proposto pela metodologia de Pesquisa-ação baseada em Thiollent (2009), a primeira etapa do trabalho foi definida como fase exploratória. Esta fase ocorreu entre os meses de agosto e setembro de 2017 com o objetivo de identificar a situação problema (diagnóstico).

Thiollent (2009) entende que devido à imprevisibilidade de situações que podem ocorrer durante esta fase, não é possível definir regras precisas para organização de seus estudos. No entanto, o autor fornece algumas indicações que devem ser seguidas.

Em um primeiro momento, o pesquisador deve estar disposto a trabalhar de acordo com o espírito da pesquisa-ação. Em seguida, ele deve avaliar a viabilidade de uma intervenção do tipo pesquisa-ação no meio considerado, isto é, verificar apoios e resistências, convergências e divergências. Além disso, é necessário ter habilidade para lançar a pesquisa para ter aceitação por parte dos interessados. Após a resolução destes itens, a pesquisa poderá começar (THIOLLENT, 2009).

Essas indicações foram seguidas no desenvolvimento da primeira fase desta pesquisa-ação com execução de uma reunião inicial com a alta gerência, departamento de qualidade e equipe operacional da empresa Beta para entender suas expectativas e dúvidas com relação à pesquisa. Além disso, uma apresentação a respeito da abordagem *lean* (enxuta) foi feita para a equipe operacional, com objetivo de motivá-los para o engajamento na pesquisa. Esses pontos são explorados no capítulo 5 deste trabalho.

Portanto, para cumprir o objetivo desta primeira fase da pesquisa, isto é, fazer um levantamento inicial, um diagnóstico do processo REFT, o pesquisador pode contar com o auxílio dos demais colaboradores da empresa Beta para realizar uma pesquisa documental para levantar o histórico do processo.

Desta forma, a coleta de dados foi feita por meio de documentos internos da empresa para verificação de seus números de demanda e de produção relacionados ao processo REFT. A consulta foi realizada em documentos de 57 lotes entre setembro de 2015 a setembro de 2017. Entre esses documentos, estavam notas fiscais de recebimento e envio de equipamentos, e-mails trocados com clientes, ordens de compra e ordens de serviço.

Os dados detalhados de demanda e de média de recertificação de equipamentos diária de cada um destes lotes são apresentados no Anexo A deste trabalho. Os resultados da fase exploratória são apresentados na primeira seção secundária do capítulo 5 deste trabalho. Trata-se do primeiro objetivo intermediário desta pesquisa.

### **4.2.3. Fase principal**

Com a primeira fase finalizada, a pesquisa avançou para a fase principal, quando ocorreu a formação do seminário central, a investigação e coleta de dados utilizando as técnicas de observação participante e observação não participante para verificar como o processo REFT ocorria no chão de fábrica da empresa Beta. A pesquisa em documentos internos da empresa também foi utilizada. Esta fase ocorreu nos meses de setembro a novembro de 2017.

A coleta de dados reuniu subsídios para que a execução do mapeamento do fluxo de valor (MFV) do processo REFT fosse realizada com base na metodologia definida por Rother e Shook (2003).

A representação gráfica dos mapas foi realizada com a utilização do software Microsoft Visio 2016.

#### **4.2.3.1. Constituição do seminário central**

Nesta fase foi constituído o seminário central para condução da pesquisa-ação conforme estabelecido pela metodologia adotada.

Thiolent (2009, p. 63) ainda define que “o seminário central deve reunir os principais membros da equipe de pesquisadores e membros significativos dos grupos implicados no problema sob observação”.

No caso desta pesquisa, o seminário central foi composto pelo pesquisador, pelo supervisor do departamento operacional, uma representante do setor de qualidade, uma representante do setor administrativo e um representante do setor de materiais.

Estes elementos foram escolhidos por se tratarem de personagens chaves para a condução do processo REFT. Apesar de nem todos terem suas atividades ligadas ao departamento operacional, essa equipe multidisciplinar poderia trazer importantes contribuições para o processo em estudo.

O seminário central deve ainda centralizar todas as informações coletadas e discutir as interpretações. Assim, suas reuniões são traduzidas em atas que reúnem essas informações. A partir do conjunto de informação processada, o seminário pode produzir material de natureza teórica (análise conceitual) ou de natureza empírica (levantamentos) (THIOLLENT, 2009).

As reuniões do seminário central tiveram importância no desenvolvimento da presente pesquisa para que a intervenção ao processo REFT pudesse ocorrer de acordo com os objetivos traçados originalmente. Elas serão exploradas no próximo capítulo deste trabalho.

De acordo com Thiollent (2009), trata-se da técnica principal da pesquisa-ação, ao redor da qual as outras gravitam. Algumas importantes tarefas devem ser executadas pelo seminário central. No caso desta pesquisa, estas foram realizadas em consonância com o proposto por Thiollent (2009). Assim, o grupo de trabalho formado no seminário central teve por objetivo examinar, discutir e tomar decisões acerca do processo de investigação, além de acompanhar e avaliar ações e divulgar os resultados pelos canais apropriados da empresa. Estes pontos serão retomados no capítulo 5 deste trabalho.

#### **4.2.3.2. Observação participante**

As técnicas de observação participante e não participante foram adotadas para que o pesquisador pudesse verificar como o processo REFT acontecia no chão de fábrica da empresa Beta. Conforme previsto por Rother e Shook (2003), para que o mapeamento ocorra de forma exitosa, é necessário ir onde os processos acontecem (*gemba*) e observar como seus fluxos de materiais e informações se operacionalizam. Desta forma, o MEA pode ser descrito de forma mais próxima possível ao que ocorre na prática.

No caso da observação participante, que é definida por Vergara (2009) como “aquela na qual o observador se insere total ou parcialmente no seu objeto de estudo, vivendo o dia a dia do grupo que pretende estudar”, o pesquisador observador que também é funcionário da empresa em estudo, esteve junto aos sujeitos de pesquisa que executam o processo REFT na área operacional da empresa Beta em determinados dias previamente definidos.

A observação participante ocorreu em durante o período da fase principal desta pesquisa, ou seja, entre os meses de setembro e novembro de 2017. Para proporcionar maior confiabilidade nas observações, o pesquisador foi a campo verificar o fluxo de material e informação do processo REFT em diferentes lotes, para confirmar se havia uma repetibilidade nos processos em diferentes momentos.

Assim, a observação participante de 9 lotes que passaram pelo chão de fábrica da empresa Beta nesse período foi executada. O pesquisador percorreu todas as etapas do REFT, ao lado dos operadores e inspetor, desde a desmontagem dos equipamentos até o cintamento dos mesmos. Desta forma foi possível coletar informações a respeito do processo. As

observações foram registradas em meio físico (papel) que foram compartilhadas e confirmadas no seminário central. Os tempos observados e registrados durante a observação participante são apresentados no Anexo B deste trabalho. Ao todo 74% dos equipamentos trabalhados nestes 9 lotes, isto é, 148 de um total de 200 tiveram seus tempos cronometrados por meio de cronômetro e registrados em meio físico (papel) em cada uma das etapas do processo REFT.

Vergara (2009) entende que há algumas vantagens na utilização da observação participante como técnica de coleta de dados. A primeira delas acontece, pois, o pesquisador está exposto a uma maior amplitude e profundidade de informação. Além disso, existe a possibilidade de fazer uma triangulação de diferentes impressões e observações. Por último, esse tipo de observação consegue conferir se há discrepâncias emergentes no decurso do trabalho de campo.

Para garantir a eficácia desta técnica, é necessário ter cautela na inserção do grupo, cuidados com a emoção, capacidade de lidar com simpatias e antipatias do grupo, habilidade para lidar com o inesperado e cuidado com a influência que a observação pode exercer no grupo que estuda (VERGARA, 2009). No caso da presente pesquisa, o fato de todos estarem cientes de como a mesma estava estruturada e terem acontecido reuniões prévias abordando os objetivos da intervenção no processo REFT, auxiliou a correta utilização da observação como técnica de coleta de dados.

#### **4.2.3.3. Observação não participante**

A observação não participante, definida por Vergara (2009) como “aquela que é feita sem que haja interferência ou envolvimento do observador na situação” também foi utilizada nesta pesquisa. Esta técnica foi utilizada como uma forma de triangulação com a observação participante.

A observação não participante ocorreu na parte final do período da fase principal da pesquisa. O pesquisador teve acesso à vídeos da área operacional em que os operadores e inspetor estavam executando o processo REFT em lotes diferentes dos que foram observados de forma participante.

Ao todo foram analisados vídeos referentes a 8 lotes dentre os 57 que passaram no chão de fábrica da empresa Beta no período de setembro de 2015 a setembro de 2017. Foram selecionados 2 lotes de 2015, 3 lotes de 2016 e 3 lotes de 2017. Sendo que destes 3 foram entregues no prazo e outros 5 lotes que foram entregues em atraso.

Cabe salientar, que os funcionários estavam cientes e de acordo com a filmagem na área operacional. Trata-se de uma política da empresa Beta, visando a segurança de seus colaboradores. Os tempos observados e registrados durante a observação não participante são apresentados no Anexo C deste trabalho. Ao todo 68,70% dos equipamentos trabalhados nestes 8 lotes, isto é, 334 de um total de 486 tiveram seus tempos cronometrados por meio de cronômetro e registrados em meio físico (papel) para cada uma das etapas do processo REFT através da observação não participante.

#### **4.2.3.4. Pesquisa documental**

Por último, ainda durante a coleta de dados, a análise documental baseada em documentos internos da empresa Beta como instruções de trabalho, procedimentos operacionais e formulários operacionais referentes ao processo REFT foi realizada. Os dados encontrados serviram para complementar as informações coletadas durante as observações.

Portanto, na fase principal deste trabalho, as técnicas de coleta de dados aliadas com a ferramenta *lean* mapeamento de fluxo de valor (MFV) foram utilizadas para definir o MEA do processo REFT em conjunto com os sujeitos de pesquisa. Trata-se do segundo objetivo intermediário desta pesquisa, que foi concluído nesta fase em conjunto com todos membros do seminário central.

Os resultados da fase principal serviram de base para a avaliação da eficiência e lucratividade do processo em seu estado atual, haja visto que a demanda e média de recertificação de equipamentos diária do processo atual já haviam sido levantados na fase anterior, isto é, fase exploratória. Os cálculos de eficiência e lucratividade, bem como a geração de gráficos foram realizados com a utilização do software Microsoft Excel versão 2016. Todos os resultados da fase principal do trabalho são apresentados no capítulo 5 de análise dos resultados. Esses dados, processados e organizados subsidiaram o planejamento da ação para implementação das futuras melhorias que ocorreram nas fases seguintes.

#### **4.2.4. Fase ação**

Com a finalização da fase principal, avançou-se para a terceira etapa da pesquisa com base no que é proposto por Thiollent (2009). Esta é denominada fase ação e é uma exigência fundamental da metodologia de pesquisa-ação. No caso desta pesquisa, esta fase foi dividida em duas partes. Essa divisão ocorreu pelo fato desta fase ser a mais extensa de todas as quatro,

e envolver uma primeira parte contendo planejamento de ações e uma segunda parte contendo a execução das ações.

#### **4.2.4.1. Fase ação – parte 1**

A primeira parte da fase ação divulgou os resultados encontrados na fase anterior, neste caso, o mapa de estado atual (MEA) para todos os colaboradores da empresa Beta.

Além disso, esta primeira parte realizou a análise crítica do estado atual com base no que recomenda Rother e Shook (2003), ou seja, analisou-se o estado atual do processo buscando por perdas, desperdícios, estoques intermediários e outros pontos que não agregam valor ao processo. Estes desperdícios devem ser eliminados na proposta do mapa de estado futuro (MEF) do processo REFT. Essa fase da pesquisa contempla ainda o plano de ação para operacionalizar o MEF.

Esta primeira parte da fase de ação também avaliou o potencial de melhoria e aumento de eficiência e lucratividade do processo REFT com base no MEF. A produtividade estimada do processo em seu estado futuro foi calculada e apresentada em conjunto com o MEF.

A primeira fase de ação ocorreu nos meses de dezembro de 2017 e janeiro de 2018 e os resultados são apresentados no capítulo 5 deste trabalho. Trata-se do terceiro objetivo intermediário desta pesquisa.

#### **4.2.4.2. Fase ação – parte 2**

Na segunda parte da fase ação, a equipe formada no seminário central operacionalizou o plano de ação definido anteriormente para colocar em prática todas as mudanças necessárias para que o estado futuro do processo REFT seja alcançado. Esta parte ocorreu durante 10 semanas, entre os meses de janeiro e março de 2018. Trata-se do quarto objetivo intermediário desta pesquisa.

Como visto, trata-se de uma importante fase para concretizar parcialmente a pesquisa-ação com ações planejadas, objetivos e deliberações. A definição de objetivos alcançáveis por meio de ações concretas está alinhada com o discutido no referencial teórico a respeito da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor (MFV).

Conforme previsto por Thiollent (2009), a divulgação dos resultados da pesquisa encontrados até a fase de ação para os principais interessados é importante para estender o conhecimento e contribuir para a dinâmica de tomada de consciência dos envolvidos na mesma.

#### **4.2.5. Fase avaliação**

A quarta e última etapa da pesquisa é denominada fase avaliação. Esta ocorreu nos meses de abril a julho de 2018. O objetivo principal desta fase foi avaliar os resultados da pesquisa, neste caso trata-se de avaliar o impacto efetivo da utilização da ferramenta MFV no processo REFT em estudo, checando seus indicadores de eficiência e lucratividade nos meses subsequentes após as mudanças implementadas na fase anterior. Trata-se do quinto objetivo intermediário desta pesquisa.

A avaliação foi realizada com base em dados de doze lotes de equipamentos de clientes recebidos pela empresa Beta para passarem pelo processo REFT. Como fonte de dados foram usados documentos internos da empresa Beta como notas fiscais (NF) de entrada e saída de documentos. Além disso, a observação não participante através de vídeos gravados da área operacional foi executada para que os tempos gastos nas operações do processo REFT pudessem ser cronometrados e registrados.

Desta forma, esta fase permitiu um controle da efetividade das ações no contexto social da pesquisa, e suas consequências no curto e médio prazo, além de ter extraído conhecimentos e ensinamentos necessários para estendê-la a outros casos desta organização em estudo.

Portanto, após a conclusão de todas as quatro etapas do ciclo de pesquisa-ação proposto por Thiollent (2009) e aplicado nesta pesquisa, foi possível analisar os indicadores de eficiência e lucratividade do processo REFT contrapondo com o desempenho deste mesmo processo antes de passar pela intervenção proposta e realizada nessa pesquisa.

## **5. Análise dos Resultados**

O quinto capítulo apresenta os resultados obtidos em cada uma das quatro fases definidas na metodologia do trabalho que foram desenvolvidas para atingir os objetivos intermediários e final desta pesquisa.

### **5.1. Fase Exploratória**

Como proposto pela metodologia de pesquisa-ação baseada em Thiollent (2009), a primeira etapa do trabalho foi definida como fase exploratória. O objetivo desta fase foi realizar um diagnóstico do processo REFT e identificar a situação problema. Seus resultados são analisados a seguir.

#### **5.1.1. Diagnóstico do processo REFT**

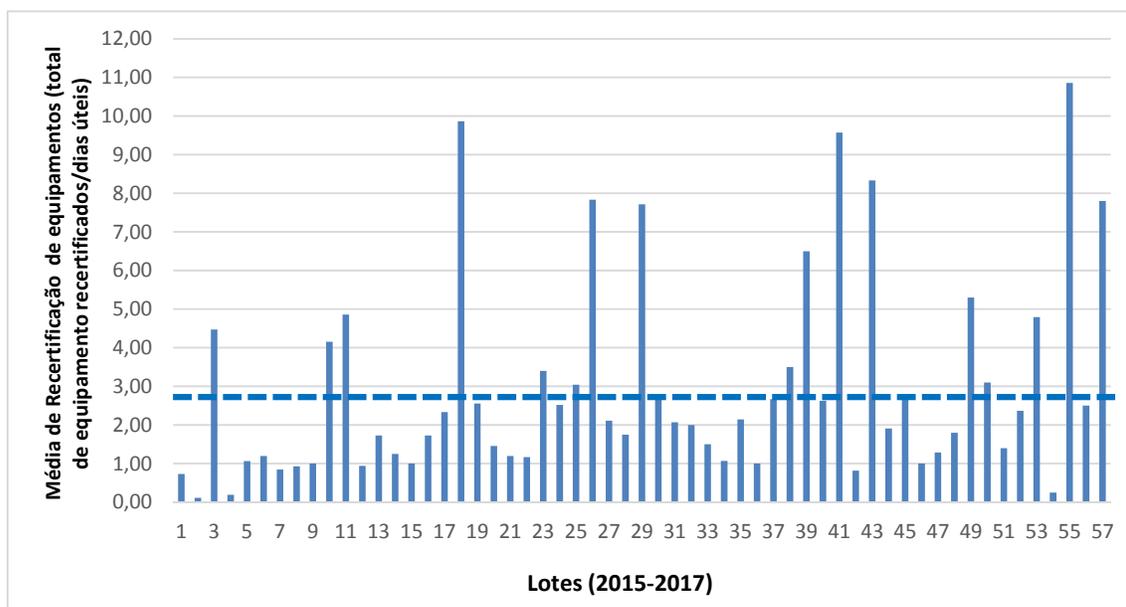
A fase exploratória foi iniciada com base no recomendado por Thiollent (2009), isto é, foi feito o primeiro contato com os interessados, ou seja, alta gerência, departamento de qualidade e equipe operacional da empresa Beta. Este contato permitiu a identificação de suas expectativas, problemas da situação, e características do processo de recertificação de equipamentos *flowline* de terceiros (REFT). Nesse momento, o setor da qualidade trouxe a informação de que as devoluções de equipamentos para os clientes proprietários estavam sendo feitas com em atraso. Esse fato estava ocasionando muitas reclamações e insatisfação dos clientes.

Além disso, nesse primeiro contato, considerando o princípio da participação necessário de acordo com a metodologia adotada, foram colocadas as condições da colaboração que ocorreria entre o pesquisador, que também é parte do processo, com o restante da equipe operacional. Adicionalmente, os objetivos da pesquisa foram explanados.

Por último, foi realizada uma apresentação a respeito da abordagem *lean* aplicada ao setor de serviços, seus desafios e oportunidades, com destaque para a ferramenta mapeamento de fluxo de valor (MFV) que seria utilizada no decorrer da pesquisa. Nessa oportunidade os elementos teóricos mais complexos foram algumas vezes adaptados ou traduzidos em uma linguagem comum para possibilitar a compreensão por parte dos envolvidos.

Essa fase preliminar teve importante papel para o desenrolar da pesquisa visto que o amadurecimento das discussões colocadas atraiu o interesse do grupo que desempenha o processo REFT em estudo, garantindo ser um tema que não interessava apenas ao pesquisador ou à alta gerência da empresa em questão, possibilitando assim que a pesquisa fosse levada à sério por todos envolvidos que desempenharam seu papel de forma eficiente e participativa.

Assim, após superada as indicações iniciais para a fase exploratória propostas por Thiollent (2009), o diagnóstico do processo foi iniciado. Por meio da pesquisa documental com acesso aos dados internos da empresa foi possível verificar o histórico de demanda que o serviço prestado ao longo do processo REFT possui, bem como sua média de recertificação de equipamentos diária. Essas informações são sintetizadas no gráfico da Figura 8 a seguir. Eles representam dados coletados no período de setembro de 2015 a setembro de 2017.



**Figura 8.** Processo REFT – demanda e média de recertificação de equipamentos diária. Fonte: elaboração própria.

Como pode ser observado na Figura 8, foram coletados dados dos últimos 57 lotes de equipamentos do tipo *flowline* recebidos de clientes no período de dois anos. Ao longo de todo esse período, houve uma demanda total de 2.125 equipamentos de terceiros que passaram pelo processo REFT. Cada lote estava composto com uma média de 37 equipamentos, variando de 1 a 201 itens por lote.

Considerando (a) a data de entrada de cada lote de equipamentos recebido pela empresa, (b) a quantidade de itens que o mesmo possuía, e (c) a data de saída do mesmo, isto é, a data em que o serviço foi finalizado e devolvido para o cliente, foi possível calcular média de recertificação de 2,93 equipamentos recertificados por dia. Ou seja, a equipe operacional da empresa Beta conseguiu realizar todas as etapas do processo REFT de aproximadamente 3 equipamentos por dia. Os dados detalhados de demanda e de produção de cada um destes lotes são apresentados no Anexo A deste trabalho.

Esse ritmo médio de produção executado pela equipe operacional da empresa Beta se mostrou incapaz de atender a demanda apresentada pelos clientes, visto que 52%, ou seja, 30 desses mesmos 57 lotes analisados foram entregues com atraso para o cliente.

A informação de atraso na entrega foi obtida por meio da análise das 57 ordens de compra referentes a estes lotes que indicavam a data de entrega prometida para cada um deles por parte da empresa Beta. O Anexo A também apresenta essa informação.

Portanto, esta pesquisa tem como objetivo atuar em uma família de produtos específica, ou seja, o processo REFT com a utilização da ferramenta *lean* MFV para fazer um diagnóstico e trazer à tona os principais problemas e desperdícios enfrentados atualmente pela organização através do mapa do estado atual (MEA).

## **5.2. Fase Principal**

Seguindo com a utilização da metodologia de pesquisa-ação proposta por Thiollent (2009), alcança-se a fase principal desta pesquisa. Os resultados alcançados nesta fase da pesquisa, isto é, a constituição do MEA do processo REFT, análise da eficiência de seu ciclo e a lucratividade atuais são apresentados a seguir.

### **5.2.1. Mapa do estado atual (MEA)**

Nesse momento foi possível mobilizar o setor operacional da empresa estudada, bem como outros setores que estão interligados com o processo em estudo para que o mapa do estado atual (MEA) do processo REFT pudesse ser elaborado conforme descrito na metodologia. Essa etapa foi feita com base na observação (participante e não-participante) e colaboração dos componentes do seminário central e o resultado é apresentado na Figura 9. A tarefa foi facilitada pelo fato do pesquisador ser funcionário da empresa estudada e possuir fácil acesso ao local de



As observações realizadas nos meses de setembro e outubro do ano de 2017 que contribuíram para a formação do MEA, foram registradas em meio físico, que depois foram digitalizadas para análise durante seminário central.

Em seguida, os colaboradores do setor operacional foram convidados a participar de uma reunião do seminário central, que trataria da constituição do MEA do processo REFT com base na metodologia proposta por Rother e Shook (2003), isto é, o mapeamento de fluxo de valor (MFV). O resultado desta mobilização foi apresentado na Figura 9.

Nesta fase, o proponente da pesquisa trouxe um esboço do processo mapeado com seu fluxo de valor e etapas executadas com base nas observações. Porém os sujeitos de pesquisa envolvidos com o processo abordado nesta pesquisa tiveram a oportunidade de fazer intervenções, comentários e sugestões para que o resultado do mapeamento representasse da forma mais fidedigna possível, exatamente como eles executam o processo REFT atualmente.

Conforme definido por Rother e Shook (2003), o mapeamento foi iniciado pelo final do processo, neste caso, pela expedição final. Em seguida, avançou-se para os processos anteriores utilizando-se dos símbolos e ícones para definir o fluxo de valor, isto é, toda ação que agrega valor ou não necessária para trazer o produto (equipamentos do tipo *flowline* do cliente) por todos os fluxos essenciais do processo REFT. Nesse processo, deve-se demonstrar a relação entre o fluxo de informação e de material de forma integrada. Os ícones de caminhão representam o transporte dos equipamentos, usado na fase de recebimento na empresa Beta e expedição de volta para o cliente.

O processo foi desenhado da direita para esquerda no quadro branco da Figura 9. Os ícones retratam como as etapas do processo ocorrem na área operacional e não estão baseados no *layout* existente, conforme prevê Rother e Shook (2003). Além disso, caixas de dados foram utilizadas para detalhar cada processo, neste caso utilizou-se o recurso de *post-it* para ilustrá-los no quadro branco. Os tempos de ciclo (T/C), tempos de troca (T/R), número de pessoas necessárias e disponibilidade foram descritos abaixo das caixas.

No fluxo de informações, as linhas estreitas mostram os fluxos de informações que ocorrem por meio físico, enquanto que as linhas em raio demonstram que a informação foi percorrida eletronicamente. No fluxo de material, as setas listradas foram utilizadas para mostrar que o processo é do tipo empurrado, e os triângulos para mostrar que há formação de estoques entre os processos.

Com o mapa quase completo, foi possível identificar na parte inferior, da esquerda para direita, o fluxo dos equipamentos e na parte superior da direita para esquerda, o fluxo de

informação. Assim, há uma melhor compreensão dos eventos sob a perspectiva do fluxo de valor do produto e de seu cliente.

Na barra inferior do mapa desenhado no quadro branco da Figura 9, há a linha do tempo que registra todos os dados obtidos pelas observações das operações que ocorreram na fase de coleta de dados. Assim é possível calcular o *lead time* ao longo do processo (L/T) e o tempo de agregação de valor (TAV) ou tempo de processamento do processo REFT.

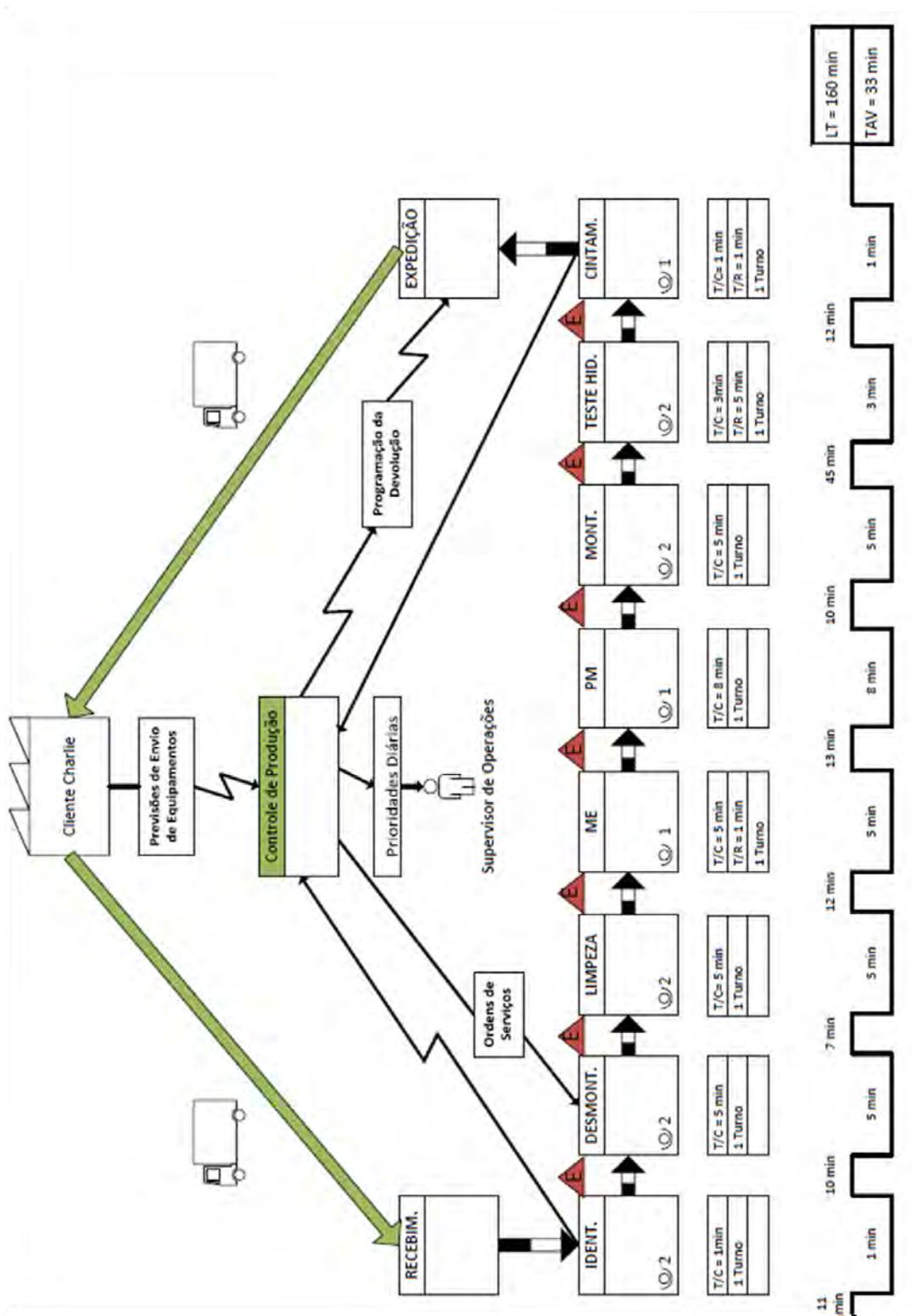
Conforme definido por Rother e Shook (2003), o *lead time* (L/T) refere-se ao tempo que uma peça ou produto leva para ser movido ao longo de todo um processo ou um fluxo de valor, desde o começo até o fim. Isto é, ele engloba o tempo dos elementos de trabalho que realmente transformam o produto de uma maneira que o cliente se disponha a pagar (tempo de agregação do valor (TAV)) e o tempo gasto em atividades que adicionam custos, mas não agregam valor do ponto de vista do cliente (tempo de não agregação de valor (TNAV)).

Nessa pesquisa, o TAV englobou todos os tempos de ciclo (T/C) de cada uma das etapas que compõem o processo REFT. Enquanto que o TNAV englobou os tempos de troca (T/R) e esperas ocorridas entre as etapas do processo.

Após a observação participante da execução de todas as etapas da prestação de serviços de recertificação de equipamentos que ocorre no processo REFT em 148 equipamentos distribuídos em 8 lotes e mais 334 equipamentos distribuídos em outros 9 lotes observados de forma não participante, foi possível determinar uma média para o tempo de ciclo (T/C) de cada uma das etapas que compõe o processo, bem como seus tempos de troca (T/R) e de espera.

Todos os tempos observados (de forma participante e não participante), cronometrados e registrados durante essa fase da pesquisa serviram de base para a construção do MEA do processo REFT e aparecem no quadro da Figura 9 são apresentados no Anexo B e Anexo C deste trabalho. É possível verificar uma padronização nesses tempos, o que indica que os procedimentos operacionais existentes atualmente e utilizados pelos operadores do processo REFT estão eficazes. Os tempos de cada uma das etapas será explicado adiante.

Em seguida, após finalizado o esboço do mapa, foi possível transferir o resultado da constituição coletiva do MEA apresentado na Figura 9 para um ambiente virtual, que representasse as informações colocadas de forma organizada e que pudesse ser divulgada e disseminada para todos os demais envolvidos com o processo. Para isso o software Microsoft Visio 2016© foi utilizado e o resultado é apresentado na Figura 10 a seguir.



Legenda:

T/C= Tempo de Ciclo

RECEBIM.= Recebimento

ME = Medição de Espessura

TEST. HID.= Teste Hidrostático

T/R= Tempo de Troca

IDENT.= Identificação

PM = Partícula Magnética

CINTAM = Cintamento

DESMONT= Desmontagem

MONT.= Montagem

L/T = Lead Time

TAV=Tempo de agregação valor

Figura 10. Processo REFT – mapa do estado atual (MEA). Fonte: elaboração própria.

O início do processo de prestação de serviços REFT acontece quando o cliente faz contato com o controle de produção da empresa Beta informando que deseja enviar uma certa quantidade de equipamentos para passarem por recertificação, além de outros detalhes como o prazo de entrega desejado, prioridades, entre outros.

Assim, caso haja uma confirmação por parte do controle de produção, bem como todas as questões comerciais e fiscais estejam de acordo, o cliente (representado pelo nome Charlie na Figura 10) poderá providenciar o envio do lote de equipamentos. O lote contém entre 1 a 200 equipamentos, dependendo da necessidade do cliente. Essas informações foram levantadas conforme informado pelo supervisor de operações e documentos internos da empresa como por exemplo notas fiscais e outros documentos consultados na fase exploratória da pesquisa.

Com a chegada dos equipamentos, a equipe operacional pode fazer o **recebimento**, com posterior **identificação** de todos os equipamentos que compõe o lote. Essa etapa que é realizada por dois operadores consiste em verificar a cinta de identificação instalada no equipamento com informações como número serial, descrição, número de parte, pressão de teste e data da última recertificação.

Essa etapa tem o seu tempo de ciclo de **1 minuto** por equipamento identificado. Essa atividade agrega valor para o cliente, pois a correta identificação vai fazer com que a rastreabilidade de seus ativos seja mantida no futuro. No entanto, movimentações de *pallets*, empilhadeira e outras perdas desnecessárias acumulam **11 minutos** para conclusão dessa etapa do processo conforme apontado durante as observações que serviram de referência para o cálculo de tempo de todas operações que são descritas a seguir.

Além disso, findada esta etapa do processo há um acúmulo de lote, que é exatamente o número de equipamentos recebidos, que está aguardando o início da próxima etapa. Nesse momento o supervisor de operações informa ao controle da produção a quantidade de itens recebidos através de uma planilha que contém todas as informações coletadas durante a etapa de identificação. Com base nessas informações, o controle de produção emite as **ordens de serviço** para que o serviço possa ser iniciado. Essa etapa adiciona em torno de **10 minutos** por item para que elas sejam emitidas individualmente.

A ordem de serviço (OS) é um documento importante para o processo estudado, pois é através do recebimento dele que o supervisor de operações pode distribuir o trabalho para os operadores. A OS traz as informações de cada equipamento recebido do cliente, como por exemplo número de série, descrição, número de parte, além de outras informações técnicas que servem de referência para que as etapas de inspeção do chão de fábrica.

Desta forma, os operadores podem iniciar a etapa de **desmontagem** que leva em torno de **5 minutos** por equipamento. Eles desmontam as conexões das extremidades dos equipamentos. Finalizada esta etapa, é formado um novo estoque de equipamentos, que seguirá para a próxima etapa do serviço. Todas as movimentações pela área industrial, além de utilização de empilhadeiras, braço giratório ou ponte rolante adicionam um tempo de **7 minutos** trabalhados por equipamento, mas que efetivamente não agregam valor para o processo.

Com os equipamentos já posicionados nas bancadas de trabalho da área industrial da empresa, os mesmos passam pelo processo de **limpeza**, que tem um tempo de ciclo de aproximadamente **5 minutos** por equipamento. Nesta fase, os operadores limpam as extremidades dos equipamentos e suas conexões de forma criteriosa. Novamente, ao final desta etapa, que devido a movimentações e formação de estoque há um tempo extra adicionado de **12 minutos** por equipamento até que eles passem para a próxima etapa, que visa fazer a inspeção de medição de espessura de paredes dos equipamentos (ME).

A **inspeção ME**, um ensaio não destrutivo (END) tem por finalidade verificar se os equipamentos, mesmo após anos em atividade, ainda conservam espessuras mínimas de parede (de aço-carbono) aceitáveis por padrões de fabricação. Essa inspeção evita, por exemplo, que um equipamento se desintegre durante uma operação pelo fato de já ter atingido sua espessura mínima, ou estar bem próxima dela. Essa operação, realizada pelo inspetor qualificado tem um tempo de ciclo de **5 minutos** por equipamento, além disso há um tempo de atividades que não agregam valor calculados em **13 minutos** adicionais para que o inspetor possa: manusear, transportar os equipamentos que serão inspecionais e formar o estoque para a próxima inspeção, além de **1 minuto** de tempo de troca para que ele possa fazer ajustes no aparelho que utiliza para realizar as medições.

Em seguida, após finalizar a inspeção ME de todos os equipamentos que compõe o lote, ele pode iniciar a inspeção por partículas magnéticas (PM). A **inspeção PM** também é um ensaio não destrutivo que tem como objetivo final a detecção de possíveis trincas ou rachaduras nas conexões dos equipamentos. Estas podem acontecer pelo fato dos mesmos receberem altas cargas de impacto para serem conectados uns aos outros quando estão em operação nos campos petrolíferos. O inspetor realiza essa operação em **8 minutos** por equipamento inspecionado. Além disso há um tempo de atividades que não agregam valor calculados em **10 minutos** adicionais para que o inspetor possa manusear os equipamentos e formar novo estoque para a próxima etapa.

Após essas duas inspeções, os equipamentos passam **pela montagem**, sendo remontados pelos mesmos operadores que os desmontaram. Essa etapa tem um tempo de ciclo de 5 minutos por equipamento, e antecede a próxima etapa, o teste hidrostático (TH).

O **teste hidrostático (TH)** consiste em conectar o equipamento do cliente que está passando pelo processo de recertificação a uma linha de alta pressão. O equipamento é então pressurizado (água sob pressão fornecida por uma bomba de teste) a pressões que podem chegar a 15000 libra-força por polegada quadrada (psi). Isso ocorre dentro de uma cabine isolada e segura para os envolvidos. Neste teste, o operador consegue verificar a estanqueidade do equipamento testado e garantir que ele não apresenta nenhum vazamento ou perda de pressão. O tempo de execução do teste por equipamento, isto é, seu tempo de ciclo é de apenas **3 minutos** por equipamento. No entanto, devido a movimentações e principalmente aos re-testes, isto é, repetição do ciclo várias vezes por equipamento até que ele estabilize, a pressão de teste passando a estar dentro dos parâmetros de aceitação, os operadores demoram mais **40 minutos** para realizar o teste do equipamento. Além disso, há outros 5 minutos que a formação do estoque ocorrida na etapa anterior de montagem proporcionou. Outro ponto observado é que os operadores usam um tempo de troca de **5 minutos** para desconectar um equipamento e conectar o próximo.

Por fim, após aprovação em todas as inspeções e testes, ou seja, após o último equipamento do lote que está em recertificação passar por esta operação, os operadores iniciam a confecção de todas as cintas do lote em trabalho. Em um exemplo real, se o lote for composto por 200 equipamentos, e destes, 180 forem aprovados em todas as etapas do processo, o operador terá que confeccionar 180 fitas para realizar o **cintamento** dos equipamentos. Esta cinta indica que o equipamento passou pela recertificação, sendo aprovado em todas as etapas.

Na observação da rotina diária do chão de fábrica, foi verificado que a medida que o operador confecciona as cintas, ele repassa as mesmas para um segundo operador que localiza os equipamentos distribuídos em diversos *pallets*. Em seguida, este segundo operador remove a cinta de identificação antiga de cada equipamento (pertencente a recertificação do ano anterior) e por fim instala a nova cinta, encerrando a atividade. Visualmente é fácil identificar quais equipamentos já tiveram suas cintas de identificação novas instaladas, pois elas mudam de cor de acordo com o trimestre e ano da recertificação. No entanto, todas essas atividades somadas possui um tempo extra de **12 minutos** que não agregam valor ao processo, contra apenas **1 minuto** tomado para realizar o ciclo de troca da cinta. Por último ainda há um tempo de troca de **1 minuto** por equipamento considerado nesta etapa.

Além disso, nem sempre um segundo operador está disponível para fazer com que a etapa de cintamento seja realizada paralelamente. Na maioria das vezes, este segundo operador já está envolvido nas etapas primárias do processo para recertificar um novo lote recebido. Quando isso acontece, o primeiro operador tem que finalizar a tarefa de confecção de cintas, para só após a confecção, poder localizar os equipamentos e finalizar a atividade.

Por fim, o supervisor de operações notifica o controle de produção que o último equipamento do lote em trabalho passou pela última etapa do processo REFT. Este último notifica o cliente, que providencia o envio do transporte para que os equipamentos possam ser coletados e a **expedição** cuida de devolvê-los. **As operações de recebimento e expedição não são consideradas na avaliação, pois são realizadas pelo setor de material, que não está sendo levado em conta na análise.**

Como pode ser analisado nos tempos cronometrados e disponibilizados nos Anexos B e C deste trabalho, o processo REFT apresenta padronização em sua execução, visto que a variação do tempo é pequena, mesmo a observação tendo ocorrido em diferentes momentos. Isto demonstra uma eficácia de seus procedimentos operacionais que padronizam as atividades. No entanto, o processo REFT carece de uma melhoria em sua eficiência, como fica evidenciado a seguir.

### **5.2.2. Análise da eficiência do ciclo do processo em seu estado atual (ECPA)**

Com base nas observações realizadas, cronometradas e apresentadas nos Anexos B e C deste trabalho foi possível calcular um tempo total do processo de 160 minutos (ou 9.600 segundos) para que um equipamento passasse por todas as etapas do processo de recertificação REFT. Este é o *lead time* (L/T) do Processo REFT, isto é, o tempo que uma peça ou produto leva para mover-se ao longo de todo um processo ou um fluxo de valor, desde o começo até o fim (ROTHER; SHOOK, 2003).

Ao dividir o *lead time* total do processo REFT encontrado com base nas observações, isto é, 9600 segundos, por uma jornada de trabalho de um turno ideal, com 8 horas (ou 28.800 segundos) sem descontar eventuais pausas, os operadores seriam capazes de recertificar 3 equipamentos por dia ( $28.800/9.600 = 3$ ).

Pode-se verificar a confiabilidade deste dado encontrado, quando o mesmo é confrontado com a média de recertificação de 2,93 equipamentos/dia ocorrida entre setembro de 2015 e setembro de 2017 conforme apontado durante a fase exploratória da pesquisa.

Além disso, foi verificado o TAV do processo REFT, isto é, o tempo dos elementos de trabalho que realmente transformam o produto de uma maneira que o cliente se disponha a pagar. No caso do processo REFT, esse tempo foi o somatório dos Tempos de Ciclo de cada etapa realizada ao longo do processo REFT, isto é, 33 minutos.

Ambas informações (*lead time* e TAV) estão presentes na linha do tempo do mapa do estado atual (Figura 10) do processo REFT.

Rother e Shook (2003) não abordam o cálculo de eficiência a partir da conclusão do MEA. No entanto, outros autores confirmam que é possível calcular a eficiência do ciclo do processo (ECP) em seu estado atual conforme descrito na Equação 2 proposta por Ratnayake e Chaudry (2016) a seguir. Autores como Ratnayake e Chaudry (2017), Mia *et al.* (2017), Nallusamy e Adil Ahamed (2017) utilizaram esta equação para cálculo de eficiência em estudos anteriores.

$$ECP (\%) = \left[ \frac{\sum TAV_i}{\sum t_i} \times 100 \right] \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

ECP = Análise da eficiência do ciclo do processo (%)

$\sum TAV_i$  = Somatório de todas as atividades que agregam valor ao processo

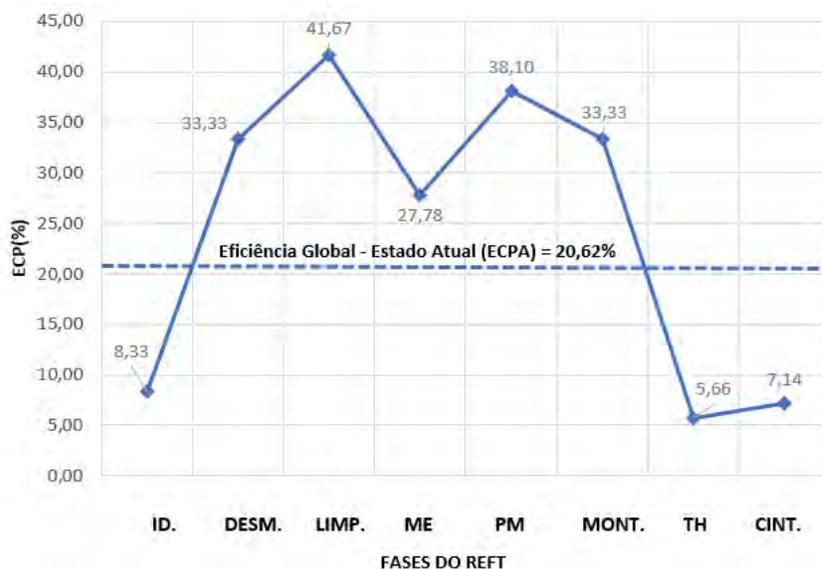
$\sum t_i$  = Somatório do tempo total decorrido no processo (*lead time*)

Ao aplicar-se a Equação 2 para o caso do processo REFT, tem-se que:

$$ECP (\%) = \left[ \frac{33}{160} \times 100 \right] = 20,62\%$$

Desta forma, a eficiência global do ciclo do processo em seu estado atual está em **20,62%** visto que neste processo cada equipamento recebe apenas 33 minutos de atividades que agregam valor na visão do cliente de um *lead time* total de 160 minutos atual. Na prática, o ECP de processos que são melhorados com métodos *lean* excedem 25% (GEORGE, 2002; RATNAYAKE; CHAUDRY, 2016).

A eficiência de cada etapa do processo foi calculada com o uso da mesma Equação 2 e os números são demonstrados no gráfico da Figura 11 a seguir.



**Figura 11.** ECP (%) X etapas do REFT em seu estado atual. Fonte: elaboração própria.

Como pode ser observado na Figura 11, os subprocessos de identificação, teste hidrostático e cintamento são os que possuem os menores índices de ECP. Além disso nenhuma das oito etapas avaliadas ultrapassou a marca de 50% de eficiência.

Desta forma, todos os subprocessos foram analisados nas próximas etapas do trabalho, para que sugestões de melhorias fossem levantadas e implementadas, fazendo com que as eficiências individuais de cada processo pudessem ser melhoradas, bem como o ECP do processo REFT como um todo (global). No entanto esta primeira análise nos permite direcionar esforços nas etapas do processo REFT que estão mais ineficientes e com mais desperdícios.

### 5.2.3. Análise da lucratividade do processo em seu estado atual

A análise da margem de lucro bruto do processo REFT em seu estado atual é apresentada nesta seção. O cálculo considerou a diferença entre o valor do serviço cobrado ao cliente (VCC) e o custo total do processo (CTP), que considera o total homens hora empenhado na recertificação de cada equipamento. O valor de diferença foi dividido pelo valor cobrado ao cliente (VCC) conforme Equação 3 a seguir (FARRIS *et al.*, 2010).

$$\text{Margem de Lucro (\%)} = \left[ \frac{VCC - CTP}{VCC} \times 100 \right] \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

VCC = Valor do serviço de recertificação por equipamento cobrado ao cliente

CTP = Custo total do processo (HH X *lead time* do processo de recertificação por equipamento)

Ao aplicar-se a equação 3 para o caso do processo REFT, tem-se que:

$$\text{Margem de Lucro (\%)} = \left[ \frac{700 - 472}{700} \times 100 \right] = 32,57\%$$

Desta forma, como visto no mapa de estado atual, o tempo de processamento atual para que um equipamento recebido pelo cliente passe por todas as etapas de recertificação do processo REFT é de 160 minutos (ou 2,666 horas).

A empresa Beta tem um custo atual de R\$177,00 por homem/hora (HH). Esse valor de HH foi fornecido pelo setor financeiro da empresa e é fruto do cálculo dos salários de todos os colaboradores envolvidos no processo REFT. Assim, multiplicando o tempo total de processamento pelo custo por homem/hora (HH), o processo REFT tem um custo aproximado de R\$472,00 por cada equipamento recertificado.

O departamento comercial da empresa informou que cobra atualmente R\$700,00 por equipamento recertificado no processo REFT. Desta forma, a empresa Beta tem um lucro bruto de R\$228,00 por equipamento, isto é, uma margem de lucro bruta de aproximadamente **32,57%**.

No entanto, para o cálculo da margem de lucro líquido do processo devem ser considerados outras despesas envolvidas no mesmo como por exemplo a compra de insumos, calibração de instrumentos, e qualificação de pessoal. Todavia, para efeitos de análise de comparação entre a lucratividade do estado atual e estado futuro do processo REFT, o índice de 32,57% de lucratividade foi considerado.

### **5.3. Fase Ação**

Após a conclusão do mapa do estado atual (MEA) realizado na fase principal deste trabalho, teve início a fase ação da pesquisa-ação, com a divulgação do MEA para todos colaboradores da empresa Beta e sua análise crítica por parte da equipe composta no seminário

central. Os resultados alcançados nesta fase da pesquisa, isto é, a constituição do mapa do estado futuro (MEF) do processo REFT, análise da eficiência de seu ciclo e a lucratividade considerando seu estado futuro são apresentados a seguir.

### 5.3.1. Mapa do estado futuro (MEF)

Nesta etapa da pesquisa, com objetivo de alcançar o Mapa do Estado Futuro (MEF) mais eficiente e lucrativo, o seminário central se dedicou a identificar os desperdícios do processo REFT com base nas oito grandes perdas identificadas por Shingo (1996, 1997), Ohno (1997) e Liker (2005) e listadas no referencial teórico deste trabalho. O resultado desta identificação é apresentado na Tabela 2 a seguir.

**Tabela 2.** Perdas e desperdícios identificados no fluxo de valor do processo REFT. (continua)

Perdas por superprodução	<p><b>A.</b> Identificada a geração de estoques entre todas as estações de trabalho utilizadas ao longo do processo, o que indica superprodução ou produção desnivelada.</p> <p><b>B.</b> Identificada a falta de métricas importantes como eficiência e o não acompanhamento e divulgação do ritmo de recertificação diária.</p>
Perdas por transporte	<p><b>C.</b> Transporte excessivo dentro do chão de fábrica com uso de empilhadeira e paletes para transportar equipamentos do cliente ao longo das etapas do processo.</p>
Perdas no processamento	<p><b>D.</b> Identificado que abertura e fechamento de ordem de serviço individual para cada equipamento gera uma carga de trabalho excessiva para o setor administrativo.</p> <p><b>E.</b> Identificado que a forma com que a etapa de cintamento está sendo realizada adiciona muito tempo ao processo.</p> <p><b>F.</b> Identificado que o teste hidrostático de um equipamento por vez adiciona muito tempo ao processo.</p>

**Tabela 2.** continuação

	<p><b>G.</b> Identificada excessiva troca de e-mails internas e externas (com o cliente) relacionados aos lotes pesquisados no período de setembro de 2015 a setembro de 2017.</p> <p><b>H.</b> Identificado geração de muitos documentos e formulários físicos que devem ser preenchidos ao longo do processo.</p>
Perdas por defeitos	<p><b>I.</b> Identificado que algumas vezes, alguns equipamentos reprovados em etapas intermediárias são levados até a etapa final sem necessidade.</p> <p><b>J.</b> Identificado que durante o teste hidrostático de equipamentos, muitas vezes o vazamento ocorre no selo exterior do equipamento. Poderia ter sido evitado se a inspeção visual do mesmo tivesse ocorrido de forma correta.</p>
Perdas no movimento	<p><b>L.</b> Identificado o movimento excessivo por parte dos operadores no chão de fábrica para irem de encontro aos equipamentos que estão recertificando.</p>
Perdas por espera	<p><b>M.</b> Foi identificado que ocorre grandes filas de espera entre as etapas de recertificação.</p>
Perdas por estoque	<p><b>N.</b> Geração de estoques de equipamentos em trabalho muito alta entre as etapas de recertificação.</p> <p><b>O.</b> Com dimensionamento de área para armazenar equipamentos, há subutilização da mesma em períodos de baixa demanda do processo REFT.</p>
Perdas intelectuais	<p><b>P.</b> Identificada necessidade de atualização constante dos colaboradores que passam por apenas treinamento inicial para estarem aptos ao processo.</p>

Fonte: elaboração própria.

Todos os desperdícios e perdas identificadas na Tabela 2 foram tratados com base no que é definido por Rother e Shook (2003) ao sugerir as principais diretrizes que devem ser seguidas na proposição do mapa de estado futuro (MEF). Além disso, as principais ações para

operacionalizar a resolução dos itens são apresentadas no plano de ação na seção 5.3.2 (página 70) do capítulo 5 deste trabalho.

A primeira diretriz é o cálculo do tempo *takt* para o processo REFT. Para esse cálculo foi utilizada a equação 1 descrita anteriormente na página 22. Assim, foi necessário levantar o tempo de trabalho disponível por turno para o processo REFT e a demanda do cliente.

O tempo de trabalho disponível por turno é de 7,5 horas diárias, já descontados os 30 minutos de pausa que os operadores possuem, ou seja, um total de 450 minutos por dia.

Como descrito no mapa de estado atual (MEA) do processo REFT, o cliente não apresenta uma demanda fixa de equipamentos que devem ser recertificados por turno de trabalho. Na fase de acordo comercial, ele apenas apresenta a data final que precisa ter seus equipamentos devolvidos.

Desta forma, para resolver essa questão e realizar o cálculo do *takt time*, foi considerado o histórico da demanda apresentada para esse processo. A certificação de 8 equipamentos por dia seria suficiente para cumprir os prazos de entrega acordados. Com esses dados, o *takt time* do processo REFT foi calculado em 56,25 minutos conforme descrito a seguir.

$$takt\ time = \frac{\text{tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{demanda do ciclo por turno}} = \frac{450}{8} = 56,25\ \text{minutos}$$

Para que o processo REFT se adeque a esse tempo *takt* calculado, seria necessária uma redução de aproximadamente 65% de seu *lead time*, que em seu estado atual é de 160 minutos conforme calculado no MEA. Com essa redução, a recertificação de um equipamento do cliente passaria a ser feita em 56,25 minutos. Assim, um total de oito equipamentos ao final de um dia de trabalho estaria concluído.

Seguindo a segunda diretriz proposta por Rother e Shook (2003), procurou-se desenvolver o fluxo contínuo onde fosse possível no MEA. Com isso, foi definido que as etapas de identificação (ID), desmontagem (DESM) e limpeza (LIMP) fossem unificadas em um bloco (ID + DESM + LIMP), passando a ser executado por um operador.

Além disso, as etapas de inspeção por medição de espessura (ME), inspeção por partícula magnética (PM) e montagem (MONT) também foram unificadas em um bloco (ME + PM + MONT), em um tipo de arranjo celular que será compartilhado pelo segundo operador e pelo inspetor. Esse bloco de operações é ligado com o anterior através de uma linha FIFO (*First-in; First-out*), isto é, o primeiro item a chegar neste bloco celular, tem que ser o primeiro a sair

para a etapa seguinte. A quantidade máxima de peças para o FIFO foi de 8 equipamentos, que é a média diária de produção desejada no estado futuro e utilizada no cálculo do tempo *takt*.

Até aqui, os equipamentos devem passar por todas essas etapas sem formar grandes estoques intermediários entre elas como ocorre atualmente. Desta forma, uma grande economia de tempo e espaço de armazenagem na área operacional, bem como de transporte e movimentação identificadas como perdas e desperdícios nos itens A,C,E,L,M,N e O da Tabela 2 (Perdas e desperdícios identificados no fluxo de valor do processo REFT). O impacto na redução do tempo é apresentado na linha do tempo do mapa do estado futuro (MEF) na Figura 12, página 66 mais adiante.

O terceiro procedimento indicado por Rother e Shook (2003) menciona o uso de supermercado para controlar a produção onde o fluxo contínuo não se estende. No caso do processo REFT isso ocorre entre as tarefas de montagem e teste hidrostático. Diante da limitação de pessoal (apenas dois operadores), não foi possível estabelecer uma linha FIFO entre esses dois processos, e optou-se pelo uso de supermercados. Cabe salientar que as etapas de teste hidrostático (TH) e cintamento (CINT) também foram unificadas em um único bloco (TH + CINT) que passará a ser executada por um único operador.

Desta forma, o processo cliente (TH + CINT) vai ao supermercado e retira os equipamentos que já passaram pelo processo fornecedor (ME + PM + MONT). Essa modificação visa eliminar parcialmente o estoque que ocorre nesta etapa do processo. Quando os operadores do bloco fornecedor concluírem o bloco (ME + PM + MONT) de 5 itens, o operador que estava trabalhando no primeiro bloco (ID + DESM + LIMP) já vai ter concluído seus 8 itens e poderá se mover para a operação de teste hidrostático e cintamento.

Neste momento, foi feita uma análise a respeito da adição de um novo operador ao processo. Este fato reduziria apenas 5 minutos o *lead time* total do processo. Isso não seria relevante, visto que apresentaria um custo maior para o processo, pois aumentaria o valor da homem hora (HH) do processo REFT, com conseqüente redução de margem de lucro. A decisão de manter o processo com a quantidade de operadores atuais no planejamento do estado futuro do processo REFT também levou em consideração o fato de que o novo *lead time* total do processo seria suficiente para cumprir a meta de recertificar 8 equipamentos por dia como será visto mais adiante.

Outra mudança no processo deve ser destacada por eliminar a espera que ocorria entre as etapas de desmontagem e limpeza. A partir de agora, no mapa do estado futuro (MEF) do processo REFT, o controle de produção abrirá uma ordem de serviço única para todo o lote de

equipamentos recebidos, eliminando uma carga extra de trabalho administrativo para abrir ordens de serviço individuais para cada equipamento (que em algumas vezes pode ser 201 itens por exemplo) e depois fechá-las uma por uma em um sistema específico no computador. Trata-se do desperdício identificado no item D da Tabela 2 (Perdas e desperdícios identificados no fluxo de valor do processo REFT). Esse fato eliminará uma espera de 10 minutos por equipamento no *lead time* total do processo que ocorre no estado atual.

A quarta diretriz indicada por Rother e Shook (2003) trata da definição do processo puxador. No caso do processo REFT, a etapa que representa esse processo é o bloco ID + DESM + LIMP. A partir dela é possível estabelecer um fluxo contínuo com a utilização de FIFO. As programações são enviadas para este processo. De acordo com Rother e Shook (2003), ciclos de valor de prestação de serviços tem seu ponto de programação geralmente mais próximo aos processos iniciais, como ocorreu neste caso.

A quinta diretriz definida por Rother e Shook (2003) não se aplica ao caso do processo REFT, pois não está se tratando de diferentes produtos passando pelo processo. Todos têm as mesmas características e o cliente não diferencia sua demanda desta forma. O lote de equipamentos recebidos deve retornar para o cliente em uma única remessa após a recertificação, salvo raras exceções.

O sexto procedimento criado por Rother e Shook (2003) orienta quanto ao uso de uma puxada inicial. No caso do processo REFT não foi identificada esta necessidade, pois o uso de supermercados antes do processo puxador, mais o uso da produção através dos FIFOs resolve a questão do fluxo contínuo. O mesmo ocorre com a sétima e última diretriz proposta pelos mesmos autores.

O esboço do mapa de estado futuro (MEF) do processo REFT orientado pelas diretrizes de Rother e Shook (2003) e que contempla todas mudanças descritas anteriormente foi traçado durante reunião do seminário central da fase de ação da pesquisa. O mesmo é apresentado na Figura 12 a seguir.

Ao analisar o esboço apresentado na Figura 12 é possível perceber que houve um enxugamento do processo, as atividades que compõe o mesmo estão interligadas por uma lógica puxada e não empurrada como acontecia no MEA. Outro ponto que chama atenção é a redução de estoques entre as atividades como é explorado mais adiante.





Como ilustrado nas Figuras 12 e 13, o mapa do estado futuro (MEF) redesenhou quase todo o processo REFT, com exceção das etapas de recebimento e expedição que são realizados pela equipe de materiais e não foi considerada neste estudo.

Desta forma, após a chegada dos equipamentos enviados pelo cliente e descarregados, assim como ocorria no MEA. Por isso o tempo de espera de **11 minutos** devido a movimentações de *pallets*, empilhadeira e outras perdas desnecessárias que ocorriam no MEA ainda permanecem no MEF.

Em seguida, o primeiro operador da equipe operacional recebe a ordem de serviço única que engloba todo o lote que será realizado. Desta forma, ele pode começar a executar o processo REFT, em sua bancada de trabalho do tipo celular remodelada para agrupar as três tarefas de identificação, desmontagem e limpeza. O tempo de ciclo das três atividades foi combinado, somando um total de **11 minutos**. Ao contrário do que ocorria no MEA, agora apenas um operador vai identificar e já começar a desmontar e limpar o equipamento em um fluxo contínuo. A identificação vai ser feita com base em uma etiqueta individual que acompanhará o equipamento por todas as etapas seguintes até o final ao invés do preenchimento de uma planilha manual que ocorria no estado atual e servia de referência para abertura de ordens de serviço.

Assim, o operador vai enviar todos os itens através de uma linha FIFO para a próxima estação de trabalho. Como as estações passarão a estar bem mais próximas dentro do chão de fábrica no MEF, os tempos de deslocamento foram reduzidos, além disso o fluxo contínuo permitiu a redução dos estoques intermediários e tempos de espera, com isso o tempo dessas atividades que não agregam valor reduziu de 10 minutos para **1 minuto**.

Na nova estação do tipo celular ME+PM+MONT, o segundo operador e o inspetor trabalharão nas etapas de inspeção por medição de espessura, por partícula magnética e montagem, também no tipo fluxo contínuo. Desta forma, esta operação passa a ter um tempo de ciclo de **18 minutos** e o tempo de espera que antes era de 35 minutos entre essas etapas foi reduzido a zero, pelo fato das atividades agora estarem agrupadas, sem a necessidade de movimentações e formação de estoques como ocorria no MEA. Para tornar essas mudanças possíveis o símbolo de *kaizen* foi colocado no MEF para mostrar que um trabalho de modificação no *layout* deverá ocorrer. O mesmo é detalhado na seção 5.3.2, página 70, onde o plano de ação é apresentado e explicado.

Como descrito anteriormente, assim que o primeiro operador finalizar a identificação e desmontagem dos oito primeiros itens e enviar para a estação celular seguinte, ele poderá se

deslocar para a nova estação combinada TH + CINT. Esta última estação, que reúne as operações de teste hidrostático e cintamento estará alimentada por um supermercado, cujo fornecedor é o processo imediatamente anterior, isto é, ME+PM+MONT, que a essa altura já terá processado cinco equipamentos e colocado no supermercado. Não será necessária a utilização de cartões *kanban* para regular o supermercado devido ao baixo número de equipamentos que vai compor o estoque, cinco ao todo.

A união das etapas de teste hidrostático só será possível graças ao fato da máquina responsável por gerar as fitas que será deslocada para próximo à estação de teste hidrostático, permitindo que o operador emita a fita de identificação logo após a aprovação no teste hidrostático. Assim, ele evita a formação de grandes estoques de equipamento aprovados e o retrabalho de procurar equipamento por equipamento para então fazer a instalação da fita.

Além disso, foi proposto pela equipe do seminário central que seja desenvolvido um dispositivo de teste múltiplo para os equipamentos que estão em recertificação. Logo, o operador evitaria perder tempo em conectar e desconectar cada equipamento individualmente antes de realizar a operação de teste hidrostático, que tem seu tempo de ciclo de 3 minutos. Essa proposta também é detalhada no plano de ação a seguir.

Outra proposta de modificação nesta etapa do processo foi a implementação de um 5S para organização de todos os acessórios utilizados durante o teste hidrostático. No estado atual, os itens estão dispersos na área, fazendo com o operador perca tempo em localizá-los.

Essas duas propostas descritas nos parágrafos anteriores são representadas pelo símbolo de *kaizen* no MEF da Figura 13.

Todas essas modificações nas duas últimas etapas do processo vão permitir que o bloco tenha um tempo de ciclo (T/C) de **4 minutos** e um tempo de troca (T/R) de **2 minutos** (ao contrário de 6 minutos como ocorria no MEA). Ademais, os tempos de espera, filas, retrabalho na localização de itens para instalação de fitas passará dos atuais 57 minutos para **5 minutos**, proporcionando muito mais eficiência para as duas etapas que apresentavam os piores índices conforme cálculos da seção terciária 5.2.2 do capítulo 5 (páginas 57 e 58) demonstraram.

Por último, quando todos os equipamentos que compõe o lote recebido pelo cliente passarem pela última etapa de recertificação, estes serão novamente estocados até que o cliente possa providenciar sua coleta. Assim como ocorreu com a etapa do recebimento, esta etapa do processo não pode ser modificada, pois o cliente solicita que a coleta seja feita de uma só vez, quando finalizada a recertificação do último equipamento do lote enviado.

Na linha do tempo do MEF, pode-se notar uma redução no *lead time* do processo. Este passou a ser de 53 minutos (contra 160 minutos do MEA). Enquanto que o tempo de atividades que agregavam valor ao processo na perspectiva do cliente (TAV) permaneceu nos 33 minutos.

Esse tempo total de 53 minutos para recertificar um equipamento do cliente que passa ao longo do processo REFT estaria abaixo do *takt time* esperado, que foi calculado em 56,25 minutos. Desta forma, é possível entregar os oito equipamentos recertificados no final de um turno de trabalho. Isto é importante para que a empresa Beta consiga eliminar as entregas em atraso que estão ocorrendo no estado atual.

A análise completa da eficiência esperada com o processo REFT no estado futuro é apresentada em tópico específico mais adiante.

### 5.3.2. Plano de ação

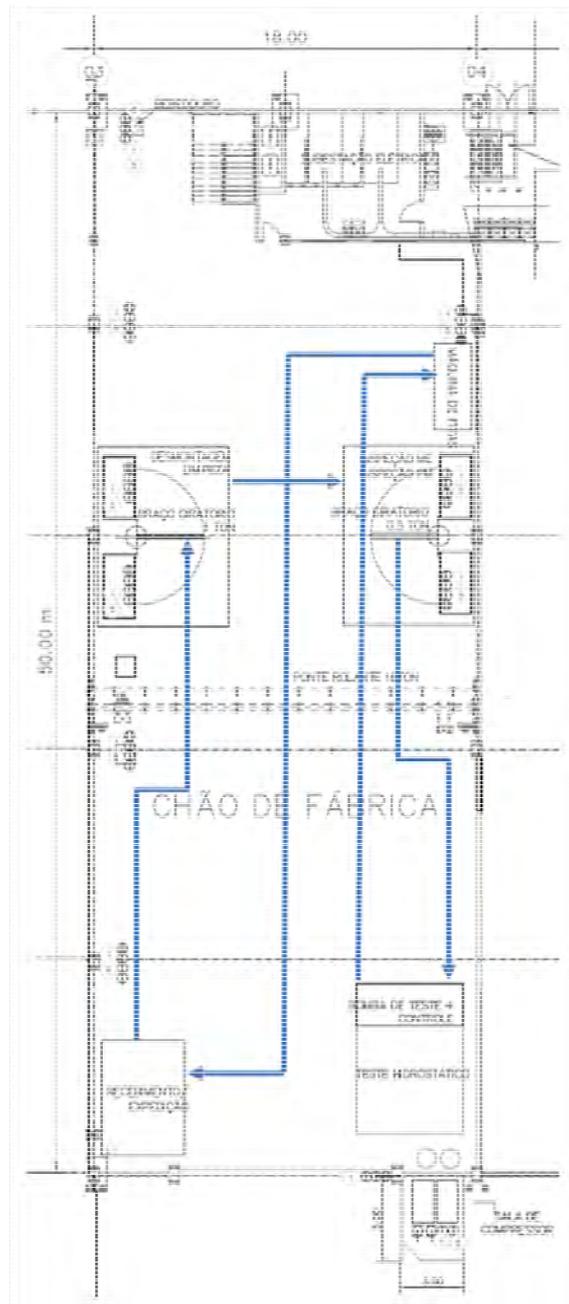
Além das modificações nos fluxos de materiais e informações representadas na Figura 13 e explicadas anteriormente, o processo REFT e o chão de fábrica da empresa Beta teriam que passar por algumas modificações para que as melhorias vislumbradas possam ser alcançadas. O plano de ação proposto pela equipe do seminário central é apresentado na Figura 14 a seguir.

Plano de Ação - Programação												
Id.	Atividade	Desdobramento Estimado (em semanas)										Relacionado a desperdício:
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Modificação do Layout											C; L; O
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											F
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											A; M; N
3.1	Orçar e Comprar materiais											
3.2	Instalar prateleiras											
3.3	Treinar operadores											
4	Quadro de Monitoramento											B
4.1	Estabelecimento de controles de recertificação diária											
4.2	Compra de quadros de monitoramento											
4.3	Instalação											
5	Implantação de 5S para acessórios de teste											L
5.1	Orçar e comprar materiais											
5.2	Operacionalizar 5S para arrumação de acessórios											
6	Treinamentos											P
6.1	Treinamentos operacionais											D;G;H;I;J
6.2	Treinamento mecanismo FIFO											A; E

**Figura 14.** Plano de Ação para alcançar estado futuro do processo REFT. Fonte: elaboração própria.

Como pode ser observado na Figura 14, cada modificação proposta no plano de ação está relacionada a um ou mais desperdícios levantados na Tabela 2.

A primeira atividade proposta é a modificação do *layout*. Ela vai ter impacto direto nos desperdícios C, L e O identificados na Tabela 2 (Perdas e desperdícios identificados no fluxo de valor do processo REFT), página 61. O *layout* do chão de fábrica onde ocorre o processo REFT possui as estações de trabalho muito dispersas entre elas conforme ilustrado na Figura 15 a seguir.



**Figura 15.** Layout atual – chão de fábrica. Fonte: elaboração própria.

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 conforme discutido no processo de elaboração do MEA e MEF. 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 C, L, O. As estações de trabalho devem ser remodeladas e estarem mais próximas umas às outras. Desta forma, o fluxo contínuo proposto no MEF poderá se tornar realidade.

A equipe do seminário central formada na fase principal desta pesquisa-ação determinou em comum acordo com a alta administração da empresa Beta um prazo de seis semanas para operacionalizar a mudança de *layout*. 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 conforme discriminados no item 1 da Figura 14 (plano de ação para alcançar estado futuro do processo REFT), apresentado na página 70.

A segunda atividade proposta no plano de ação foi a criação de dispositivo para teste hidrostático múltiplo. Esse novo dispositivo resolveria os desperdícios identificados no item F da Tabela 2 (perdas e desperdícios identificados no fluxo de valor do processo REFT), apresentada na página 61.

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 múltiplos 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 Beta, o levantamento de custos, a revisão de instruções de trabalho e o treinamento de operadores conforme item 2 da Figura 14 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 conforme explicado na proposta do MEF. Com isso, os desperdícios identificados nos itens A, M e N da Tabela 2 (perdas e desperdícios identificados no fluxo de valor do processo REFT) 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 conforme identificado no item B da Tabela 2 (perdas e desperdícios identificados no fluxo de valor do processo REFT). Desta forma, em um prazo de duas semanas, a equipe do seminário central poderá estabelecer os controles de produtividade e divulgá-los através de quadros de monitoramento que serão instalados na área operacional da empresa Beta conforme item 4 da Figura 14 (plano de ação para alcançar estado futuro do processo REFT) ilustra.

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. A Figura 16 ilustra como está a atual situação.



**Figura 16.** Acessórios de teste hidrostático – situação atual. Fonte: elaboração própria.

Com a organização possibilitada pelo 5S, as perdas de tempo de troca de acessórios identificadas no item L da Tabela 2 (perdas e desperdícios identificados no fluxo de valor do processo REFT) poderão ser parcialmente eliminadas. Para tornar essa tarefa possível e operacionalizar essa arrumação dos acessórios, será necessário orçar e comprar os materiais em duas semanas conforme item 5 da Figura 14 ilustra.

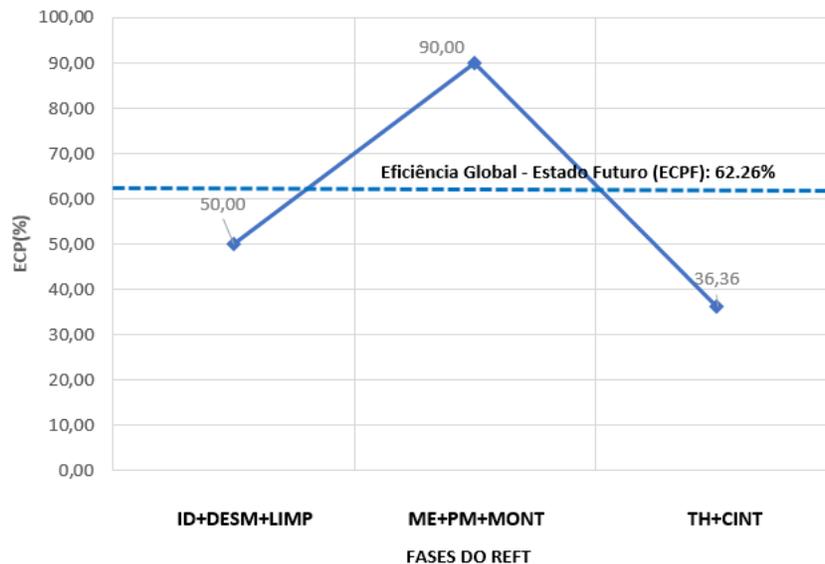
A última proposta colocada no Plano de Ação se refere a treinamentos operacionais para eliminar erros operacionais que estão ocorrendo no presente conforme identificado no item P da Tabela 2. Além disso, essas duas semanas de treinamento visam colocar a equipe atualizada após todas as modificações que ocorrerão no processo REFT em seu estado futuro (MEF) conforme itens D, G, H, I e J da Tabela 2 ilustram.

Um destaque ao mecanismo FIFO deve ser feito na segunda semana, ele vai possibilitar o fluxo contínuo em algumas etapas do processo conforme itens A e E explorados na Tabela 2 (perdas e desperdícios identificados no fluxo de valor do processo REFT). Essa última atividade que compreende os treinamentos está listada no item 6 da Figura 14 (plano de ação para alcançar estado futuro do processo REFT).

### 5.3.3. Análise da eficiência do ciclo do processo em seu estado futuro (ECPF)

Assim como ocorreu na seção 5.2.2 do capítulo 5 deste trabalho que avaliou a eficiência do ciclo do processo REFT em seu estado atual, esta seção analisa a eficiência do ciclo do processo REFT em seu estado futuro.

O cálculo da eficiência média do ciclo do processo em seu estado futuro (ECPF) também foi realizado com base na Equação 2 descrita antes. Caso todas as implementações propostas no plano de ação (Figura 14) para resolução de todos os desperdícios e perdas identificadas (Tabela 2) sejam realizadas com sucesso, o processo REFT em seu estado futuro, passaria a ter um *lead time* total de 53 minutos e um tempo total de atividades que agregam valor de 33 minutos. Desta forma o ECPF seria de **62,26%**. Uma eficiência bem superior aos 20,62% que ocorre no processo em seu estado atual conforme identificado no ECPA calculado com base no MEA. Trata-se de uma melhoria esperada de mais de 300% da eficiência do processo REFT como um todo (global). O cálculo de eficiência de cada etapa do processo REFT em seu estado futuro é demonstrado na Figura 17 a seguir.



**Figura 17.** ECP (%) X etapas do REFT em seu estado futuro. Fonte: elaboração própria.

Como visto no gráfico da Figura 17, todas as etapas que compõem o processo REFT tiveram um aumento de eficiência quando comparados ao gráfico da Figura 11, que calculou a eficiência de cada etapa em seu estado atual. Desta forma, o bloco de atividades de identificação, desmontagem e limpeza de equipamentos (ID+DESM+LIMP) deve possuir uma eficiência de 50% em seu estado futuro. Já as fases de inspeção por medição de espessura, inspeção por partícula magnética e montagem (ME+PM+MONT) que foram condensadas em um fluxo contínuo celular passarão a ter uma eficiência de 90%. Enquanto que o bloco de atividades de teste hidrostático (TH+CINT) passarão a ter uma eficiência de 36,36%.

A Tabela 3 apresenta uma comparação entre a eficiência de cada etapa do processo REFT em seu estado atual e os valores esperados para o estado futuro.

**Tabela 3.** Comparação eficiência processo REFT – estado atual X estado futuro.

<b>Fase</b>	<b>Estado Atual (Eficiência atual)</b>	<b>Estado Futuro (Eficiência desejada)</b>
Identificação	8,33%	
Desmontagem	33,33%	50%
Limpeza	41,67%	
Medição de Espessura	27,78%	
Partícula Magnética	38,10%	90%
Montagem	33,33%	
Teste Hidrostático	5,66%	
Cintamento	7,14%	36,36%

Fonte: elaboração própria.

Os valores encontrados na Tabela 3 foram divulgados para todos colaboradores da empresa Beta e servem de referência para as próximas etapas da pesquisa.

Com essas métricas de referência, será possível verificar se as mudanças propostas no plano de ação serão operacionalizadas e se o processo REFT passará a ser executado como proposto no MEF com os seus respectivos tempos de ciclo, troca e espera para cada atividade (ou bloco de atividades) que o compõem. Desta forma, será possível medir se a eficiência e produtividade esperadas no estado futuro vão se concretizar de fato.

#### **5.3.4. Análise da lucratividade do processo em seu estado futuro**

A análise da margem de lucro bruto do processo REFT em seu estado futuro é apresentada nesta seção. O cálculo considerou a diferença entre o valor do serviço cobrado ao cliente (VCC) e o custo total do processo (CTP), que considera o total homens hora empenhado na recertificação de cada equipamento. O valor de diferença foi dividido pelo valor cobrado ao cliente (VCC) conforme equação 3 apresentada anteriormente.

Como a eficiência esperada para o processo em seu estado futuro são superiores aos índices atuais, a margem de lucro tende a subir.

Assim, multiplicando o tempo total de processamento do processo REFT esperado em seu estado futuro (53 minutos ou 0,88 horas) pelo custo por homem/hora (R\$177,00), têm se um custo aproximado de R\$156,35 por cada equipamento recertificado.

Como a empresa Beta cobra R\$700,00 em média por cada equipamento recertificado, ela poderá ter lucro bruto de **R\$543,65** por equipamento, isto é, uma margem de lucro bruto de cerca de **77,66%**.

No entanto, para o cálculo da margem de lucro líquido do processo em seu estado futuro, deveriam ser considerados outras despesas envolvidas no mesmo como por exemplo a compra de insumos, calibração de instrumentos, e qualificação de pessoal. Todavia, para efeitos de análise de comparação entre a lucratividade do estado atual e estado futuro do processo REFT, o índice de 77,66% de lucratividade será considerado. Esse valor é mais que o dobro da margem de lucro praticada no presente pela empresa Beta, de **32,57%**.

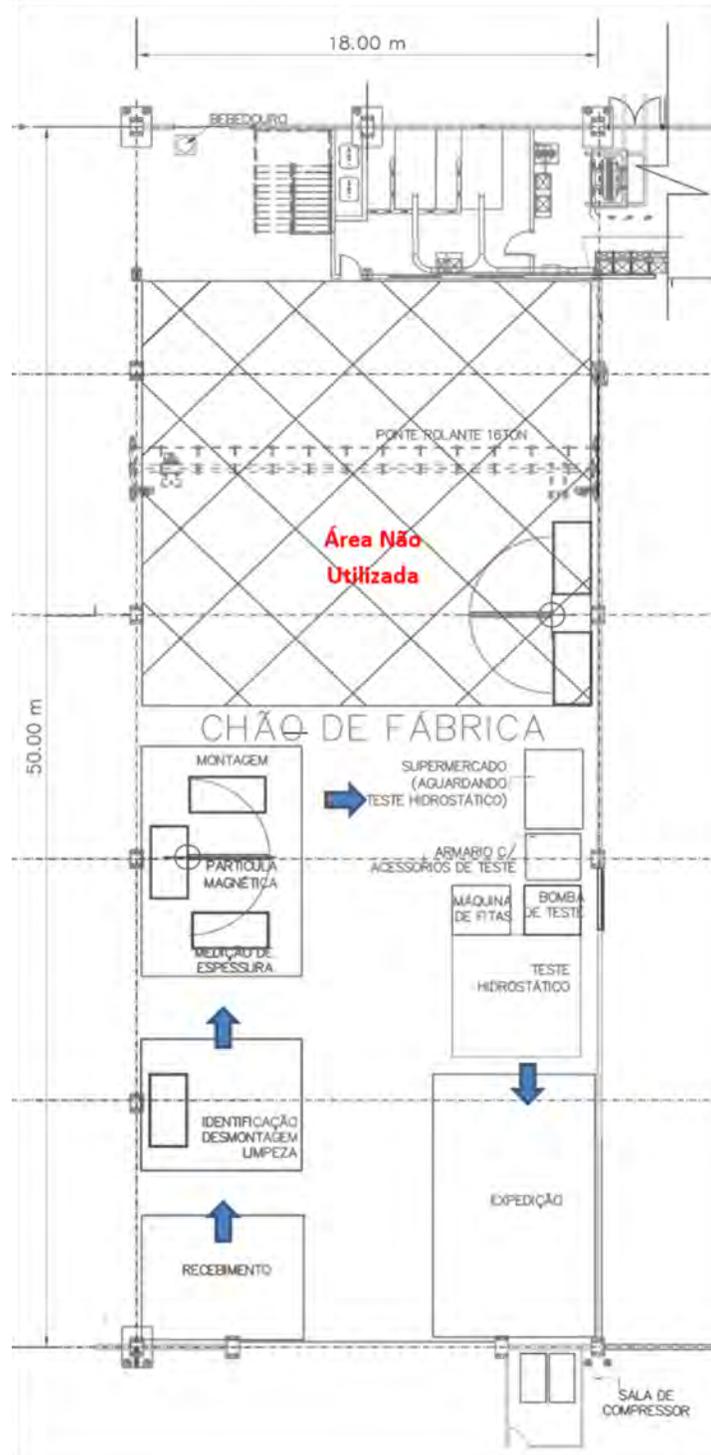
#### **5.3.5. Implementação do plano de ação**

A segunda parte da fase de ação tratou de operacionalizar o plano de ação ilustrado na Figura 14 apresentado na seção terciária 5.3.1 do capítulo 5 deste trabalho. Ao todo, seis atividades relacionadas as mudanças necessárias para tornar o mapa de estado futuro (MEF) realidade foram executadas em um período de dez semanas entre os meses de janeiro e março de 2018. Os resultados são apresentados a seguir.

##### **5.3.5.1. Modificação de *layout* do chão de fábrica**

A primeira atividade proposta foi a modificação do *layout* do chão de fábrica da empresa Beta. 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 para alcançar o mapa de estado futuro (MEF) do processo REFT é apresentado na Figura 18 a seguir.



**Figura 18.** Novo *layout* – chão de fábrica. Fonte: elaboração própria.

Como pode ser observado na Figura 18, as seguintes modificações forem executadas:

- (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 (ME+PM+MONT) dos equipamentos que passam pelo processo REFT, conforme pensado em seu mapa de estado futuro (MEF);
- (d) O *layout* se tornou mais enxuto, em torno de 40% (em torno de 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.

Durante seis semanas, entre os meses de janeiro e fevereiro de 2018, as seguintes atividades referente à modificação do *layout* foram executadas: (a) a avaliação ergonômica por parte do SMS da empresa Beta do *layout* atual; (b) a elaboração da proposta do novo *layout* envolvendo os setores de engenharia, operação, qualidade e SMS; (c) o levantamento de custos e compra de materiais necessários por parte da equipe de compras; (d) a implementação física das mudanças por parte da equipe operacional; (e) a revisão das instruções de trabalho e (f) o treinamento de operadores por parte da equipe de qualidade.

A implementação deste novo *layout* para o processo REFT visou a eliminação dos seguintes desperdícios identificados na Tabela 2 (Perdas e desperdícios identificados no fluxo de valor do processo REFT):

- (a) Desperdício C: transporte excessivo dentro do chão de fábrica com uso de empilhadeira e paleteiras para transportar equipamentos do cliente ao longo das etapas do processo;
- (b) Desperdício L: identificado o movimento excessivo por parte dos operadores no chão de fábrica para irem de encontro aos equipamentos que estão recertificando;

- (c) Desperdício O: com dimensionamento de área para armazenar equipamentos, há subutilização da mesma em períodos de baixa demanda do processo REFT identificados na seção terciária 5.3.2 do capítulo 5 deste trabalho.

### 5.3.5.2. Criação de dispositivo para teste hidrostático múltiplo

A segunda atividade proposta no plano de ação para tornar o MEF realidade foi a criação de um dispositivo para que a equipe operacional pudesse realizar umas das etapas do processo REFT, o teste hidrostático (TH) de forma mais eficiente. A duração desta atividade foi de cinco semanas entre os meses de janeiro e fevereiro de 2018 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. O novo dispositivo é ilustrado na Figura 19.



**Figura 19.** Dispositivo de teste hidrostático múltiplo. Fonte: elaboração própria.

Conforme ilustrado na Figura 19, 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.

Desta forma, esse novo dispositivo resolve o desperdício identificado no item F da Tabela 2 (perdas e desperdícios identificados no fluxo de valor do processo REFT) apresentada na página 61, isto é, o teste hidrostático de um equipamento por vez adiciona muito tempo ao processo.

### 5.3.5.3. Implementação de supermercado de estoque

A terceira atividade proposta no plano de ação foi a implementação de supermercado de estoque. Ela estava prevista para ocorrer durante cinco semanas, entre os meses de janeiro e fevereiro de 2018. No entanto, devido a atrasos de fornecedores na entrega de material, ela foi cumprida em sete semanas, atingindo o mês de março de 2018. Esse atraso, no entanto, não inviabilizou o cumprimento da fase de ação desta pesquisa, que estava prevista para ocorrer em até 10 semanas.

Nesta terceira atividade, os setores de operação, compras e qualidade da empresa Beta 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 resultado é apresentado na Figura 20 a seguir.



**Figura 20.** Supermercado de estoque instalado antes da etapa de teste hidrostático do processo REFT.  
Fonte: elaboração própria.

O sistema de supermercado implantado no processo REFT visa operacionalizar a mudança do tipo de fluxo existente no estado atual entre as atividades de montagem e teste hidrostático conforme explicado na proposta do MEF.

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

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

Com isso, os desperdícios identificados nos itens “A: Identificada a geração de estoques entre todas as estações de trabalho utilizadas ao longo do processo, o que indica superprodução ou produção desnivelada”; “M: Foi identificado que ocorre grandes filas de espera entre as etapas de recertificação” e “N: Geração de estoques de equipamentos em trabalho muito alta entre as etapas de recertificação” da Tabela 2 (perdas e desperdícios identificados no fluxo de valor do processo REFT) são eliminados.

#### **5.3.5.4. Quadro de monitoramento**

A quarta atividade proposta no plano de ação prevê 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 em março de 2018. O resultado desta ação é apresentado na Figura 21 a seguir.

Com a implantação desta ação, a empresa Beta corrigiu um erro apontado durante o mapeamento do estado atual do processo REFT, isto é, o fato da empresa não medir e divulgar suas métricas, conforme identificado no item B da Tabela 2 (perdas e desperdícios identificados no fluxo de valor do processo REFT).



**Figura 21.** Quadro de monitoramento do processo REFT. Fonte: elaboração própria.

Conforme visto na Figura 21, o quadro incluiu ainda um espaço *kaizen*, onde os colaboradores podem a partir de agora sugerir novas ideias para que a melhoria contínua do processo REFT seja meta de todos envolvidos com o mesmo.

#### **5.3.5.5. Implantação de 5S para acessórios de teste**

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.

Conforme ilustrado na Figura 16 na seção 5.3.2 do capítulo 5 (página 73), os acessórios utilizados para realizar a etapa de teste hidrostático (TH) 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. Esse novo armário é ilustrado na Figura 22.



**Figura 22.** Ação de 5S para arrumação de acessórios de teste hidrostático. Fonte: elaboração própria.

Como pode ser visualizado na Figura 22, agora os acessórios e dispositivos estão agrupados de acordo com suas características, e identificados com etiquetas que permitem que os operadores localizem os mesmos com maior agilidade. Além disso, este armário de acessórios e flanges de teste hidrostático foi posicionado próximo a cabine de teste, conforme ilustrado na Figura 18 que apresentou o novo *layout* de chão de fábrica da empresa Beta.

Desta forma, o desperdício L identificado na da Tabela 2 (perdas e desperdícios identificados no fluxo de valor do processo REFT), isto é, o movimento excessivo por parte dos operadores no chão de fábrica para irem de encontro aos equipamentos que estão recertificando, que ocorre nesta etapa do processo também foi eliminado.

### 5.3.5.6. Treinamentos

A última atividade do plano de ação ocorreu nas duas últimas semanas do cronograma estipulado. Ela ocorreu em março de 2018.

Essa atividade foi de extrema importância para capacitar os operadores do processo REFT a respeito de todas mudanças executadas e abordadas nos itens anteriores deste capítulo. 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 Beta 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 conforme Tabela 4 ilustra a seguir.

No que diz respeito aos treinamentos sobre a produção puxada e lógica FIFO (*first-in, first-out*), a empresa Beta contratou de uma empresa especializada para realizá-los.

**Tabela 4.** Erros e desperdícios eliminados por meio de treinamentos. (continua)

Dimensão	Perda/Desperdício Identificado	Treinamento
Perdas por superprodução	<b>A.</b> Identificada a geração de estoques entre todas as estações de trabalho utilizadas ao longo do processo, o que indica superprodução ou produção desnivelada.	Treinamento FIFO. Este treinamento abordou a produção puxada e o estabelecimento do fluxo contínuo através do FIFO, <i>first-in, first-out</i> . Os operadores da empresa Beta até então estavam acostumados a trabalhar com uma produção empurrada. No caso do processo REFT, o fluxo contínuo foi estabelecido pelo FIFO em dois momentos do processo conforme ilustrado no Mapa do Estado Futuro (MEF), seção 5.3.1 do capítulo 5 deste trabalho.
Perdas no processamento	<b>E.</b> Identificado que a forma com que a etapa de cintamento está sendo realizada adiciona muito tempo ao processo.	

**Tabela 4.** continuação

Perdas no processamento	<p><b>D.</b> Identificado que abertura e fechamento de ordem de serviço individual para cada equipamento gera uma carga de trabalho excessiva para o setor administrativo.</p>	A partir de agora o supervisor de operações da empresa Beta passará a solicitar apenas uma Ordem de Serviço para todo o lote de equipamentos que será recertificado no processo REFT. Ele foi treinado quanto ao Formulário eletrônico que deve preencher e enviar ao setor administrativo de apoio ao operacional
Perdas no processamento	<p><b>G.</b> Identificada excessiva troca de e-mails internas e externas (com o cliente) relacionados aos lotes pesquisados no período de setembro de 2015 a setembro de 2017.</p> <p><b>H.</b> Identificado geração de muitos documentos e formulários físicos que devem ser preenchidos ao longo do processo.</p>	No estado atual era gerado um relatório para cada etapa de inspeção do processo REFT. A partir de agora, o supervisor de operações foi treinado para emitir um único relatório ao final do processo, que deve ser encaminhado para a equipe de qualidade e para cliente.
Perdas por defeitos	<p><b>I.</b> Identificado que algumas vezes, alguns equipamentos reprovados em etapas intermediárias são levados até a etapa final sem necessidade.</p>	Devido a formação de muitos estoques intermediários que ocorriam no processo REFT em seu estado atual, muitos equipamentos reprovados acabavam sendo levados até a etapa final de recertificação sem necessidade. A eliminação dos estoques deve reduzir esse erro. Além disso, os operadores foram treinados para identificar esses equipamentos reprovados com uma etiqueta específica, e segregar os equipamentos em uma área reservada para tal.

**Tabela 4.** continuação

Perdas por defeitos	<p><b>J.</b> Identificado que durante o teste hidrostático de equipamentos, muitas vezes o vazamento ocorre no selo exterior do equipamento. Poderia ter sido evitado se a inspeção visual do mesmo tivesse ocorrido de forma correta.</p>	<p>Setor de engenharia reforçou o treinamento de Inspeção Visual com os operadores do setor operacional para evitar que esses erros voltem a ocorrer. Além disso, foi implementado nas instruções de trabalho operacionais, que essa área do equipamento deve ser inspecionada ao menos duas vezes ao longo do processo REFT, com o objetivo de aumentar sua acurácia.</p>
Perdas intelectuais	<p><b>P.</b> Identificada necessidade de atualização constante dos colaboradores que passam por apenas treinamento inicial para estarem aptos ao processo.</p>	<p>Os operadores da empresa Beta passam por um treinamento inicial ao serem admitidos. No entanto, não existe um programa de treinamento contínuo. O setor de qualidade elaborou um plano anual de treinamento para todos os colaboradores e encaminhou para aprovação da alta administração.</p>

Fonte: elaboração própria.

Após a conclusão dos treinamentos abordados na Tabela 4, a equipe de qualidade acompanhou os operadores do setor operacional da empresa Beta na execução de todas as etapas que foram modificadas no mapa de estado futuro (MEF) do processo REFT durante um certo tempo para eventuais dúvidas e questões, como uma espécie de treinamento prático (*hands-on*).

No entanto, a efetiva verificação se implantação e execução das atividades conforme modificações previstas só foi possível na próxima etapa da pesquisa, ou seja, a fase de avaliação.

### **5.3.5.7. Análise de investimento para implantação do plano de ação**

Algumas das atividades propostas no plano de ação antes explicadas envolveram investimento financeiro por parte da empresa Beta. A Tabela 5 resume os custos investidos para tornar realidade as modificações necessárias para que o fluxo mais eficiente pensado no mapa do estado futuro (MEF) se concretizassem.

**Tabela 5.** Investimento financeiro para implementação das atividades do plano de ação.

Ação	Tipo de Investimento	Custo (R\$)
Modificação de layout do chão de fábrica da empresa Beta.	- Projeto e compra de bancada tipo celular.	R\$1.990,00
Dispositivo de teste hidrostático múltiplo.	- Projeto e compra de dispositivo de teste múltiplo;	R\$1.876,00
	- Compra de acessórios e mangueiras de teste.	R\$1.925,00
Implementação de estoque tipo supermercado.	- Fabricação e compra de estrutura para estoque tipo supermercado.	R\$1.930,00
Quadros de Monitoramento	- Compra de quadro de monitoramento.	R\$198,00
5S – organização dos acessórios de teste hidrostático	- Projeto e compra de armário para organização de acessórios de teste hidrostático.	R\$1.667,00
Treinamentos	- Contratação de empresa especializada para treinamentos do tipo FIFO e produção empurrada.	R\$2.200,00
TOTAL		R\$11.786,00

Fonte: elaboração própria.

Como pode ser observado na Tabela 5, o valor total investido pela empresa Beta foi de R\$ 11.786,00.

Como visto, trata-se de um investimento compatível com as modificações que foram implementadas. A empresa Beta possui um faturamento mensal médio de R\$97.000,00 (considerando suas operações de prestação de serviços). Desta forma, esse investimento não vai impactar seu fluxo de caixa em um médio prazo.

Para realizar uma estimativa e calcular quando a empresa recuperaria o valor investido, os seguintes dados foram considerados:

- (a) A demanda de equipamentos de clientes que passaram pelo processo REFT da empresa Beta em 2017 foi de 1156 unidades (conforme seção secundária 3.3 do capítulo 3, página 32 deste trabalho apresentou);
- (b) A margem de lucro que a empresa Beta possuía ao prestar o serviço do processo REFT em seu estado atual era de 32,57% (conforme seção 5.2.3 do capítulo 5,

páginas 59 e 60 deste trabalho apresentaram). Ou seja, para cada R\$770,00 cobrado por equipamento de cliente recertificado, a empresa Beta lucrava R\$250,78.

(c) A margem de lucro que a empresa Beta passaria a ter ao prestar o serviço do processo REFT em seu estado futuro é de 77,66% devido a melhoria de eficiência e a aplicação de menos horas de mão-de-obra trazidas pelas modificações implementadas pelo plano de ação. Assim, para cada R\$770,00 cobrado por equipamento de cliente recertificado, a empresa Beta passa a lucrar R\$597,98.

(d) A diferença de valor bruto lucrado por equipamento de cliente recertificado é de R\$347,20.

Desta forma, ao dividir o investimento total para implantar as modificações do plano de ação (R\$ 11.786,00) pelo valor encontrado no item (d), isto é R\$347,20, encontra-se o número aproximado de 33. Isto significa que a empresa Beta recuperaria o valor investido para tornar seu processo mais enxuto e eficiente no primeiro lote que um de seus clientes enviasse para passar pelo processo REFT, visto que o número médio de equipamentos por lote enviado pelo cliente é de 37 unidades.

Trata-se apenas de uma estimativa, visto que outros custos associados a execução do processo REFT não foram considerados, como por exemplo a compra de insumos necessários para o mesmo, essa consideração já havia sido feita no cálculo da margem de lucro que a empresa Beta possui ao oferecer a prestação de serviço do processo REFT para seus clientes.

#### **5.4. Fase Avaliação**

Após a conclusão da fase ação com o planejamento e implementação das mudanças propostas no plano de ação, teve início a fase avaliação desta pesquisa-ação. Esta fase ocorreu entre os meses de abril e julho de 2018. O objetivo desta fase foi avaliar os resultados do estudo como um todo, isto é, avaliar o impacto efetivo da utilização da ferramenta MFV no processo REFT estudado. Esta avaliação considerou o monitoramento dos indicadores de eficiência e lucratividade dos lotes de equipamentos de clientes passados pelo processo REFT da empresa Beta nos meses subsequentes após as mudanças implementadas na fase anterior.

##### **5.4.1. Análise da recertificação média e *takt time* alcançados**

Antes de avaliar os indicadores de eficiência e lucratividade alcançados após implementação do plano de ação, foi necessário checar os números de recertificação média e

*takt time* (ritmo de produção) obtidos em cada um dos doze lotes que passaram pelo processo REFT entre abril e julho de 2018. Para avaliação desses indicadores, foram pesquisados os seguintes dados com base na documentação interna da empresa Beta:

- (a) as datas de entrada dos lotes de equipamentos dos clientes que passaram pelo processo de recertificação (REFT) entre os meses de abril e julho de 2018. Essa informação constava em cada uma das notas fiscais (NF) de envio de remessa por parte dos clientes para a empresa Beta.
- (b) as datas de retorno destes mesmos lotes de equipamentos do item (a) por parte da empresa Beta para os seus clientes. Essa informação constava nas notas fiscais (NF) de retorno de remessa dos equipamentos.

Com base na comparação das datas de entrada e saída de cada um dos lotes de equipamentos recertificados pela empresa Beta entre os meses de abril e julho de 2018 foi possível avaliar quantos dias úteis a equipe operacional da empresa Beta consumiu para cada um deles conforme a Figura 23 demonstra a seguir.

Item	Lote	Qtd de Equip.	Data de Recebimento	Data de Finalização	Status	Período (Dias úteis)	Recertificação Média (Total Equip./dia)
1	Lote 16104	98	02/04/2018	19/04/2018		14	7
2	Lote 16391	21	12/04/2018	16/04/2018		3	7
3	Lote 16583	60	17/04/2018	27/04/2018		8	7,5
4	Lote 16845	23	03/05/2018	07/05/2018		3	7,7
5	Lote 16903	105	10/05/2018	29/05/2018		14	7,5
6	Lote 17135	25	23/05/2018	25/05/2018		3	8,33
7	Lote 17279	35	04/06/2018	07/06/2018		4	8,75
8	Lote 17903	17	11/06/2018	12/06/2018		2	8,5
9	Lote 18194	49	21/06/2018	29/06/2018		6*	8,17
10	Lote 19248	111	02/07/2018	19/07/2018		13*	8,53
11	Lote 19249	25	16/07/2018	18/07/2018		3	8,33
12	Lote 19139	51	20/07/2018	27/07/2018		6	8,5
<b>Legenda</b>					* Lotes em que que equipe operacional trabalhou metade da jornada em dois dias devido aos jogos da seleção brasileira na Copa do Mundo 2018.		
	Entrega no prazo						
	Entrega fora do prazo						

**Figura 23.** Fase avaliação – Lotes avaliados após implementação do plano de ação. Fonte: elaboração própria.

Como pode ser observado na Figura 23, durante a fase de avaliação, a empresa Beta recebeu doze diferentes lotes que passaram pelo processo REFT. Desse total, onze lotes (91,7%) foram concluídos e retornados para o cliente dentro do prazo acordado, enquanto que um (8,3%) foi retornado com atraso.

Esse índice apresentou uma melhora significativa quando comparado aos dados levantados na primeira fase desta pesquisa, que pesquisou dados de 57 lotes recebidos e retornados entre setembro de 2015 e setembro de 2017 conforme apresentado no Anexo A deste trabalho. A Tabela 6 ilustra esse comparativo.

**Tabela 6.** Comparativo – Entregas no prazo – Fase exploratória X Fase avaliação.

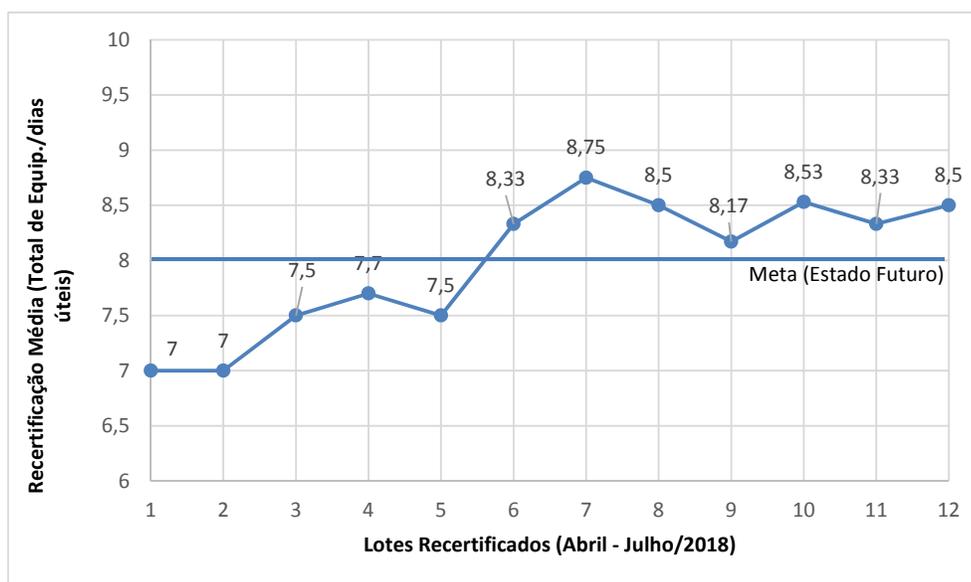
Fase da pesquisa	Período	Número de lotes	Entregas no prazo	Entregas com atraso
Fase Exploratória	Setembro/2015 a Setembro/2017	57	48%	52%
Fase Avaliação	Abril/2018 a Julho/2018	12	91,7%	8,3%

Fonte: elaboração própria.

Como pode ser observado na Figura 23, os lotes que apresentaram menores índices foram o primeiro e o segundo avaliados, ambos com uma recertificação média de 7 equipamentos que passaram pelo processo REFT por dia útil.

O lote que apresentou o melhor índice foi o sétimo, com 8,75 equipamentos recertificados por dia útil.

A Figura 24 ilustra a recertificação média atingida em cada um dos lotes avaliados nesta fase da pesquisa.



**Figura 24.** Fase avaliação – Recertificação média. Fonte: elaboração própria.

Como pode ser observado na Figura 24, os cinco primeiros lotes tiveram sua recertificação média abaixo da meta desejada no desenho do mapa do processo REFT em seu estado futuro, isto é, recertificar oito equipamentos por dia útil. No entanto, apenas um deles resultou na devolução dos equipamentos para o cliente fora do prazo acordado (terceiro lote).

Em contrapartida, os últimos sete dos doze lotes superaram a meta desejada e alcançaram índices superiores a oito equipamentos recertificados por dia.

A Tabela 7 explora o *takt time* (ritmo de produção) obtido em cada um desses doze lotes avaliados durante a fase avaliação da pesquisa.

**Tabela 7.** Fase avaliação – *takt time*.

Lote	Recertificação Média (total equip./dia)	<i>Takt time</i> (minutos) <sup>1</sup>
1	7,00	64,28
2	7,00	64,28
3	7,50	60,00
4	7,70	58,44
5	7,50	60,00
6	8,33	54,02
7	8,75	51,43
8	8,50	52,94
9	8,17	55,08
10	8,53	52,75
11	8,33	54,02
12	8,50	52,94
MÉDIA	7,98	56,68

Legenda:

<sup>1</sup>*takt time* obtido pela divisão do tempo de trabalho disponível por turno (450 minutos) pela recertificação média obtida por turno (conforme equação 1, disponível na página 22).

Fonte: elaboração própria.

Como pode ser observado na Tabela 7, os cinco primeiros lotes avaliados tiveram um *takt time* superior aos 56,25 minutos estipulados quando o mapa de estado futuro (MEF) foi desenhado, ou seja, nesses cinco primeiros lotes, a equipe operacional da empresa Beta performou o processo REFT abaixo do que era desejado.

Em contrapartida, nos últimos sete lotes avaliados o ritmo de recertificação (*takt time*) foi inferior aos 56,25 minutos estipulados, o que demonstra que a equipe performou o processo REFT acima do que foi desejado.

Em números gerais, a recertificação média de todos os doze lotes ficou em 7,98 equipamentos por dia, e *takt time* de 56,68 minutos. Esses números estão bem próximos dos 8 equipamentos por dia e 56,25 minutos desejados para o processo REFT em seu estado futuro.

#### 5.4.2. Análise da eficiência alcançada

A segunda análise realizada na fase de avaliação desta pesquisa explorou a eficiência do processo REFT após a implementação do plano de ação. Para tornar essa análise possível, a técnica de observação não participante foi utilizada. Desta forma, os doze lotes recebidos de clientes da empresa Beta para passarem pelo processo REFT entre abril e julho de 2018 foram observados e serviram de fonte de dados para esta avaliação.

Assim como ocorreu na elaboração do mapa de estado atual (MEA) na fase principal deste trabalho, o pesquisador teve acesso à vídeos gravados da área operacional. Logo, os vídeos foram observados de forma não participante e o pesquisador pôde registrar os tempos gastos pelos operadores e inspetor da empresa Beta que estavam executando o processo REFT nos doze lotes processados durante a fase de avaliação estabelecida nessa pesquisa.

As observações realizadas foram cronometradas e consolidadas. Os números são apresentados no Anexo D deste trabalho. A partir disso, foi possível calcular a eficiência do processo REFT após implementação do plano de ação com base na equação 2, apresentada na página 58 deste trabalho e repetida a seguir.

$$ECP (\%) = \left[ \frac{\sum TAV_i}{\sum t_i} \times 100 \right] \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

ECP = Análise da eficiência do ciclo do processo (%)

$\sum TAV_i$  = Somatório de todas as atividades que agregam valor ao processo

$\sum t_i$  = Somatório do tempo total decorrido no processo (*lead time*)

A eficiência atingida em cada etapa do processo REFT, bem como a eficiência global para cada um dos lotes avaliados são apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8.** Eficiência processo REFT após implementação do plano de ação.

Etapa/ Lote	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Identificação +Desmontagem em+	47,86	47,87	46,81	50,21	46,74	48,90	49,96	50,60	49,53	49,73	50,37	49,03
Limpeza	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Medição de Espessura + Partícula Magnética + Montagem	83,63	83,50	84,80	87,34	84,71	90,23	90,45	90,31	87,90	89,95	89,75	90,56
Teste Hidrostático +	32,99	33,18	29,46	31,57	29,98	38,58	36,61	36,05	35,46	36,15	35,91	36,20
Cintamento	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Global	58,15	58,19	56,93	59,95	56,98	62,93	62,62	62,76	60,98	62,28	62,16	62,32
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

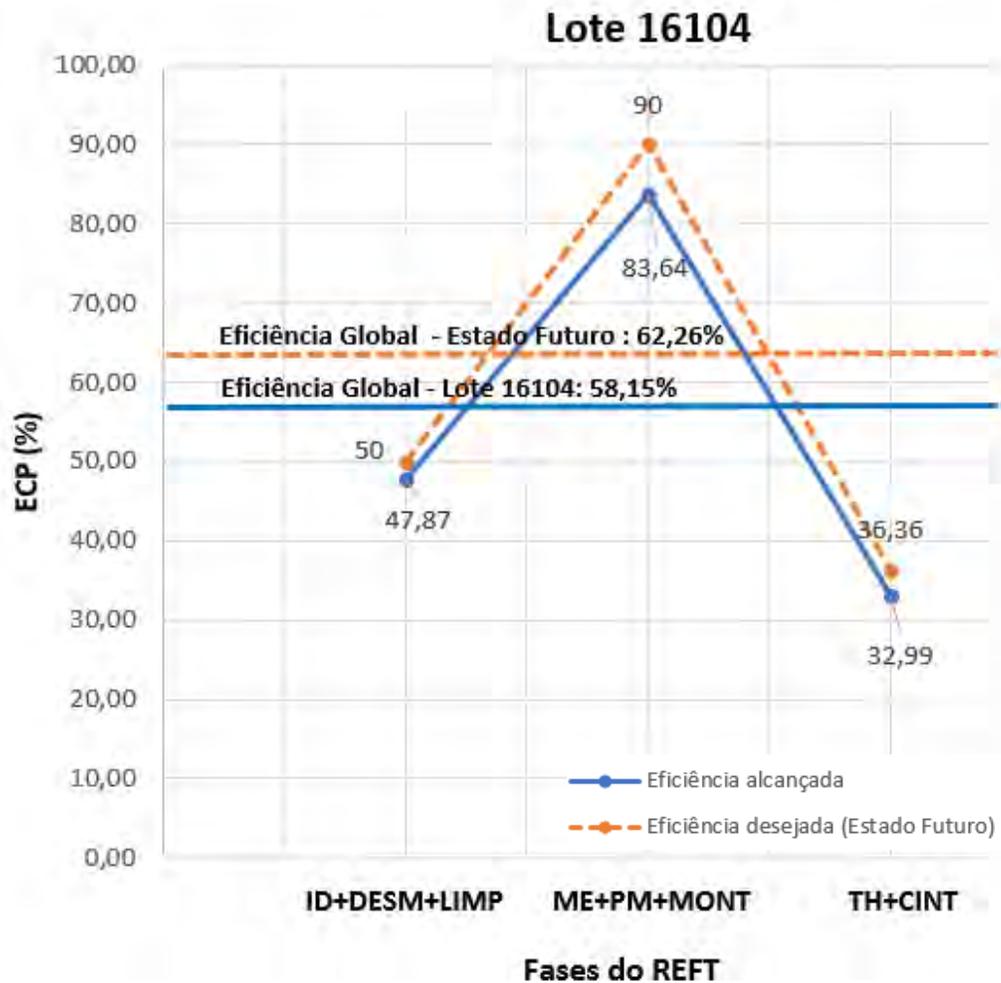
Fonte: elaboração própria.

A Tabela 8 apresenta algumas informações relevantes para análise da eficiência do processo REFT após a implementação do plano de ação, isto é, para verificar a eficácia das mudanças implementadas em seu fluxo de informações e materiais.

Como pode ser visto antes, os cinco primeiros lotes avaliados apresentaram eficiência global de todas as etapas do processo REFT abaixo dos 62,26% desejados para o estado futuro do mesmo (conforme apresentado na página 74 deste trabalho). Enquanto que os últimos sete avaliados apresentaram eficiência bem próxima ou superior ao estipulado. Essa evolução também foi verificada nos índices de recertificação média de equipamentos por dia apresentada na Figura 23.

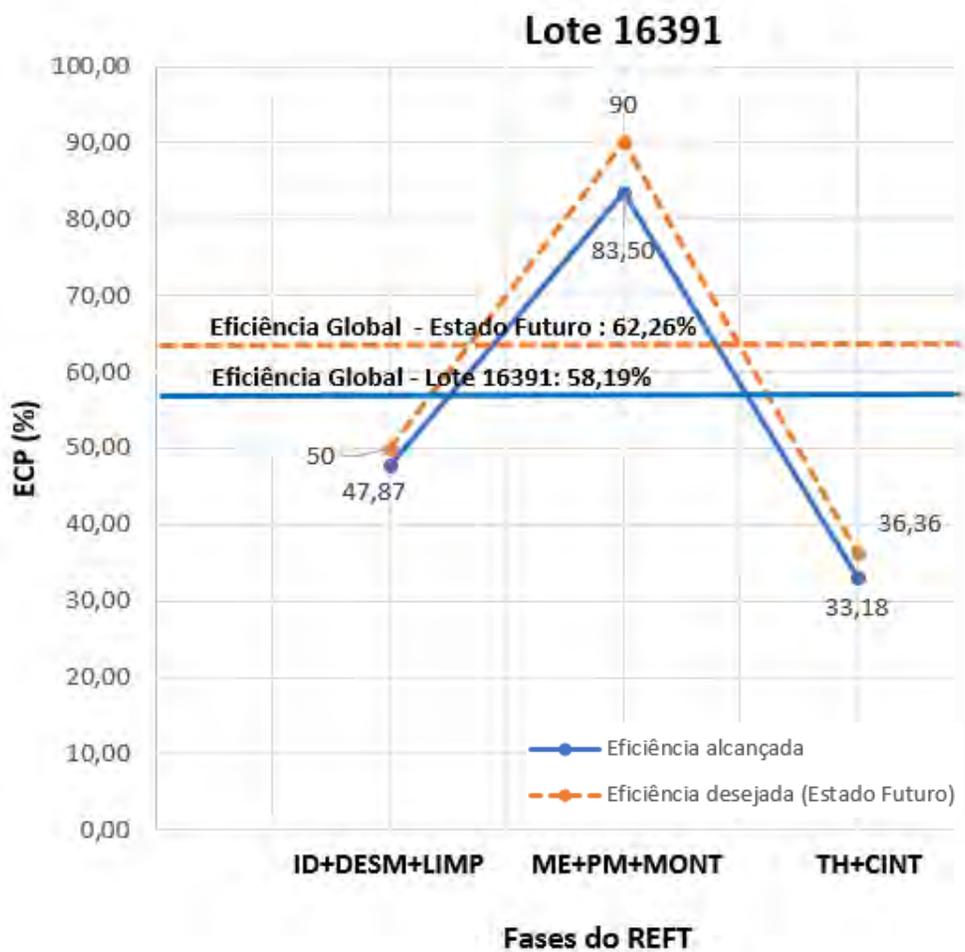
É possível verificar que houve uma evolução na eficiência performada nos lotes ao longo do período avaliado, conforme apresenta a Tabela 8. Os cinco primeiros lotes que passaram pelo processo REFT entre abril e maio apresentaram índices inferiores aos sete últimos lotes que passaram pelo processo REFT entre junho e julho. Esse comportamento é discutido na conclusão deste trabalho.

Os gráficos das figuras 25 a 36 apresentam uma comparação entre a eficiência de cada etapa do processo REFT de cada um dos lotes avaliados *versus* a eficiência desejada para cada uma delas em seu estado futuro. Os gráficos apresentam também a comparação da eficiência global atingida *versus* a eficiência global desejada.



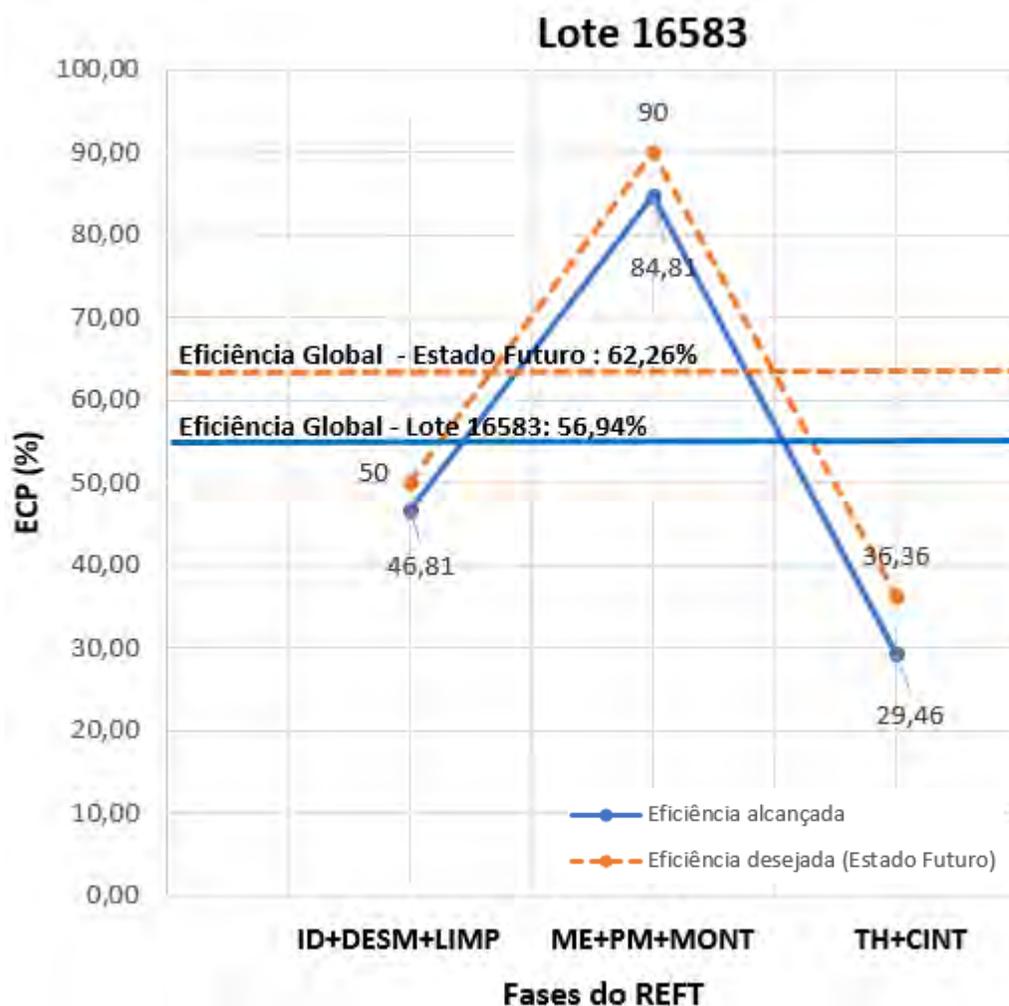
**Figura 25.** Lote 16104: eficiência atingida x eficiência desejada. Fonte: elaboração própria

Ao analisar o gráfico apresentado na Figura 25, é possível verificar que o processo REFT executado no lote 16104 atingiu uma eficiência global de 58,15%. Este índice se mostrou inferior ao desejado para o processo REFT em seu estado futuro (62,26%) conforme apresentado na página 74 deste trabalho. Além disso a primeira etapa do processo identificação + desmontagem + limpeza (ID+DESM+LIMP) apresentou uma eficiência de 47,87%, inferior aos 50% desejados. A segunda etapa do processo medição de espessura + partícula magnética + montagem (ME+PM+MONT) apresentou uma eficiência de 83,64%, também inferior aos 90% desejados. A última etapa teste hidrostático + cintamento (TH+CINT) apresentou uma eficiência de 32,99%, também inferior aos 36,36% desejados.



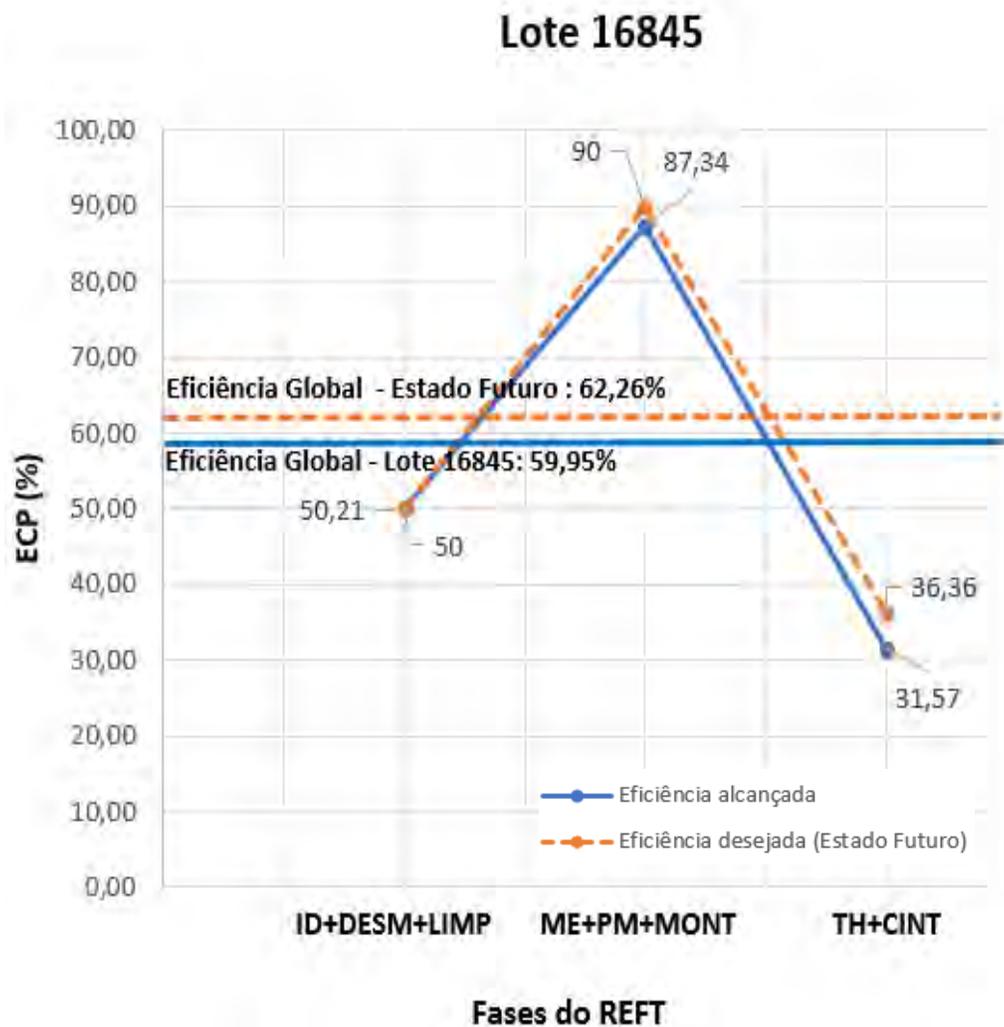
**Figura 26.** Lote 16391: eficiência atingida x eficiência desejada. Fonte: elaboração própria

Ao analisar o gráfico apresentado na Figura 26, é possível verificar que o processo REFT executado no lote 16391 atingiu uma eficiência global de 58,19%. Este índice se mostrou inferior ao desejado para o processo REFT em seu estado futuro (62,26%) conforme apresentado na página 74 deste trabalho. Além disso a primeira etapa do processo identificação + desmontagem + limpeza (ID+DESM+LIMP) apresentou uma eficiência de 47,87%, inferior aos 50% desejados. A segunda etapa do processo medição de espessura + partícula magnética + montagem (ME+PM+MONT) apresentou uma eficiência de 83,50%, também inferior aos 90% desejados. A última etapa teste hidrostático + cintamento (TH+CINT) apresentou uma eficiência de 32,18%, também inferior aos 36,36% desejados. Os números alcançados neste lote são muito próximos ao lote avaliado anteriormente. Ambos tiveram uma recertificação média idêntica de sete equipamentos recertificados por dia útil conforme apresentado na Figura 23.



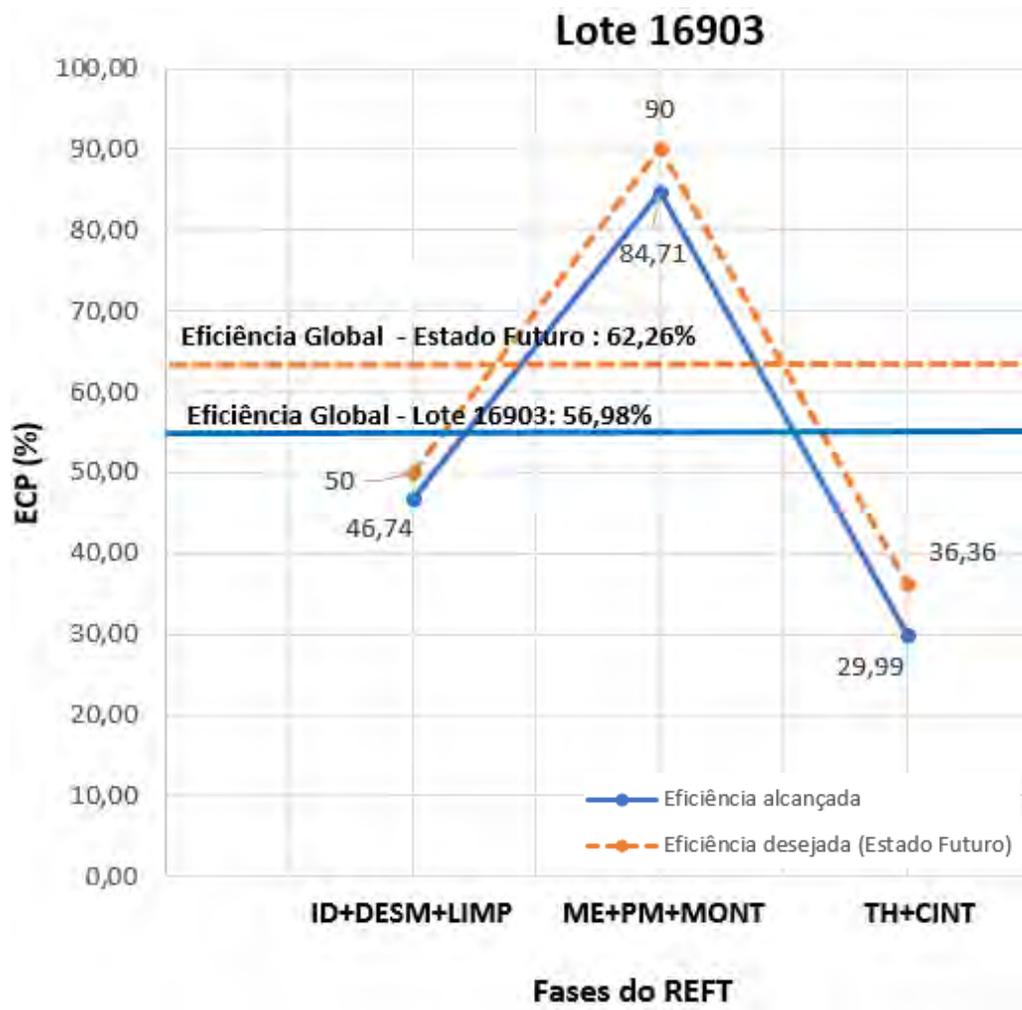
**Figura 27.** Lote 16583: eficiência atingida x eficiência desejada. Fonte: elaboração própria

Ao analisar o gráfico apresentado na Figura 27, é possível verificar que o processo REFT executado no lote 16583 atingiu uma eficiência global de 56,94%. Este índice se mostrou inferior ao desejado para o processo REFT em seu estado futuro (62,26%) conforme apresentado na página 74 deste trabalho. Além disso a primeira etapa do processo identificação + desmontagem + limpeza (ID+DESM+LIMP) apresentou uma eficiência de 46,81%, inferior aos 50% desejados. A segunda etapa do processo medição de espessura + partícula magnética + montagem (ME+PM+MONT) apresentou uma eficiência de 84,81%, também inferior aos 90% desejados. A última etapa teste hidrostático + cintamento (TH+CINT) apresentou uma eficiência de 29,46%, também inferior aos 36,36% desejados.



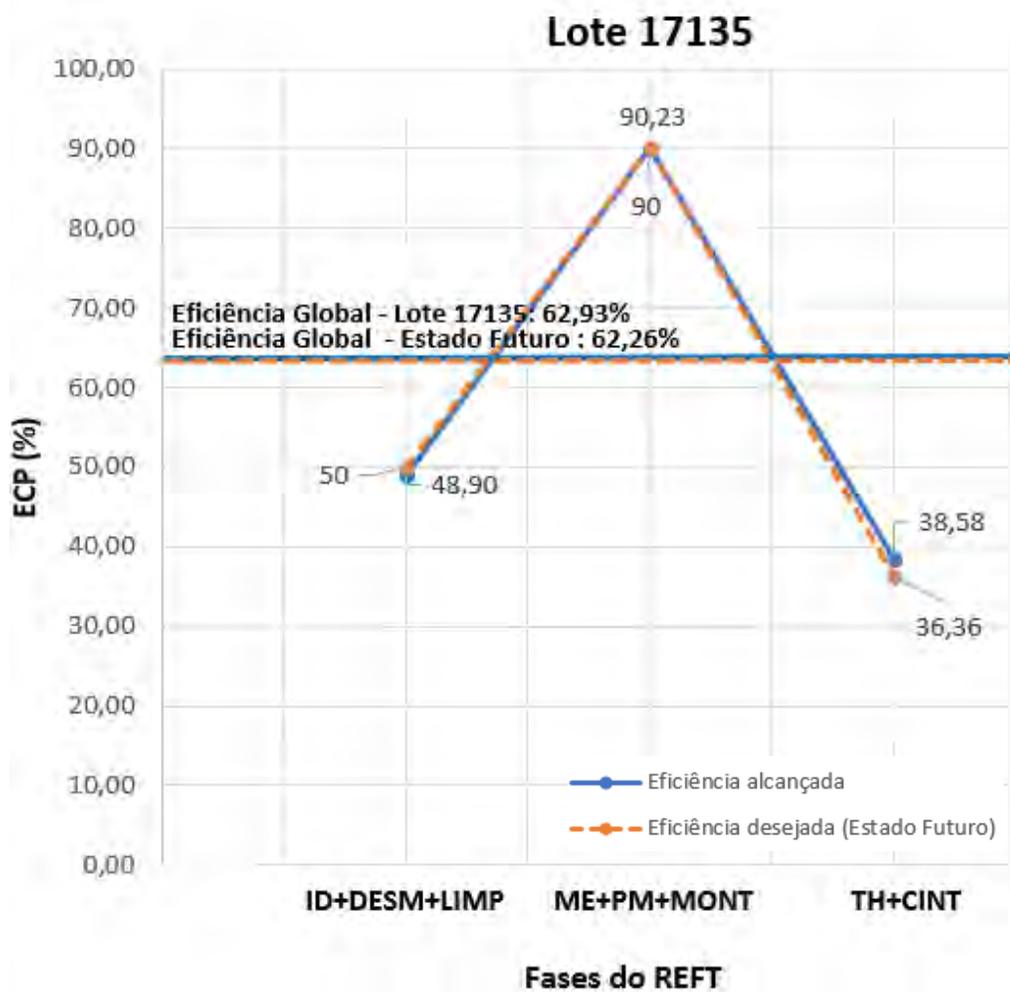
**Figura 28.** Lote 16845: eficiência atingida x eficiência desejada. Fonte: elaboração própria

Ao analisar o gráfico apresentado na Figura 28, é possível verificar que o processo REFT executado no lote 16845 atingiu uma eficiência global de 59,95%. Este índice se mostrou inferior ao desejado para o processo REFT em seu estado futuro (62,26%) conforme apresentado na página 74 deste trabalho. No entanto, a primeira etapa do processo identificação + desmontagem + limpeza (ID+DESM+LIMP) apresentou uma eficiência de 50,21%, ligeiramente superior aos 50% desejados. Já a segunda etapa do processo medição de espessura + partícula magnética + montagem (ME+PM+MONT) apresentou uma eficiência de 87,34%, inferior aos 90% desejados. A última etapa teste hidrostático + cintamento (TH+CINT) apresentou uma eficiência de 31,57%, também inferior aos 36,36% desejados.



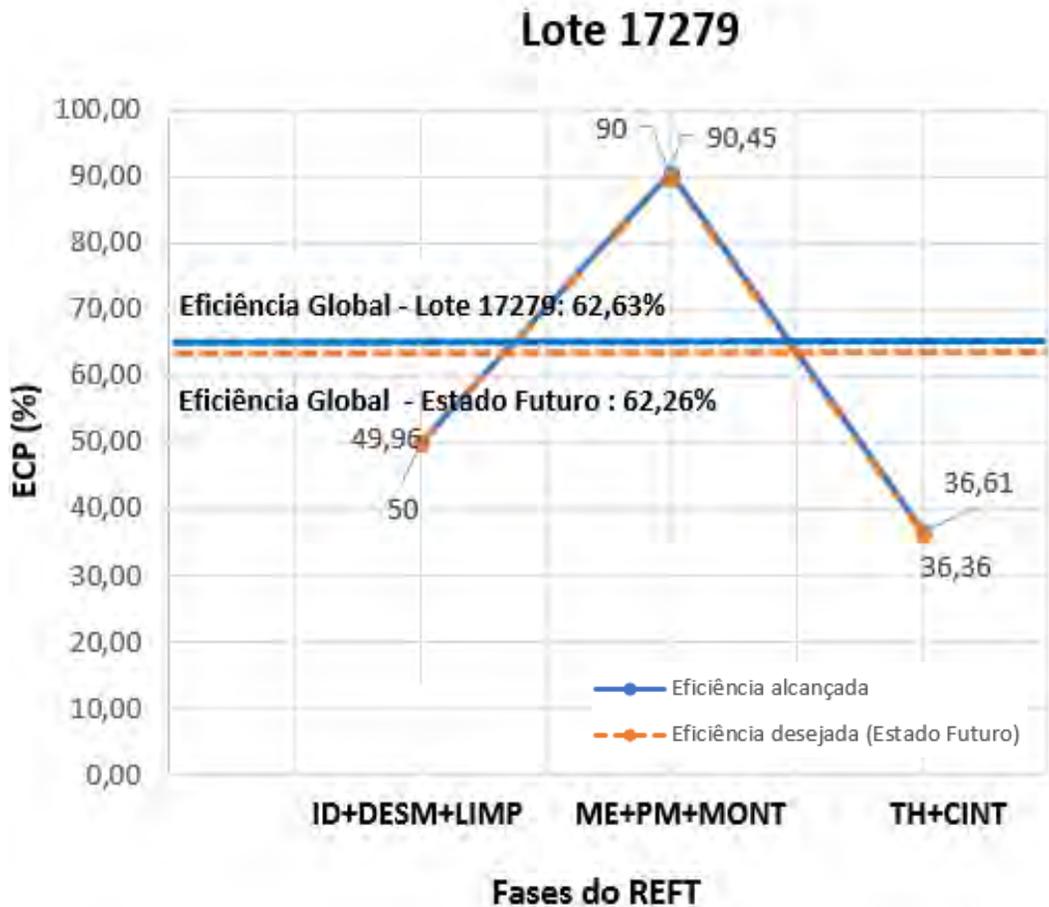
**Figura 29.** Lote 16903: eficiência atingida x eficiência desejada. Fonte: elaboração própria

Ao analisar o gráfico apresentado na Figura 29, é possível verificar que o processo REFT executado no lote 16903 atingiu uma eficiência global de 56,98%. Este índice se mostrou inferior ao desejado para o processo REFT em seu estado futuro (62,26%) conforme apresentado na página 74 deste trabalho. A primeira etapa do processo identificação + desmontagem + limpeza (ID+DESM+LIMP) apresentou uma eficiência de 46,74%, inferior aos 50% desejados. A segunda etapa do processo medição de espessura + partícula magnética + montagem (ME+PM+MONT) apresentou uma eficiência de 84,71%, também inferior aos 90% desejados. A última etapa teste hidrostático + cintamento (TH+CINT) apresentou uma eficiência de 29,99%, também inferior aos 36,36% desejados.



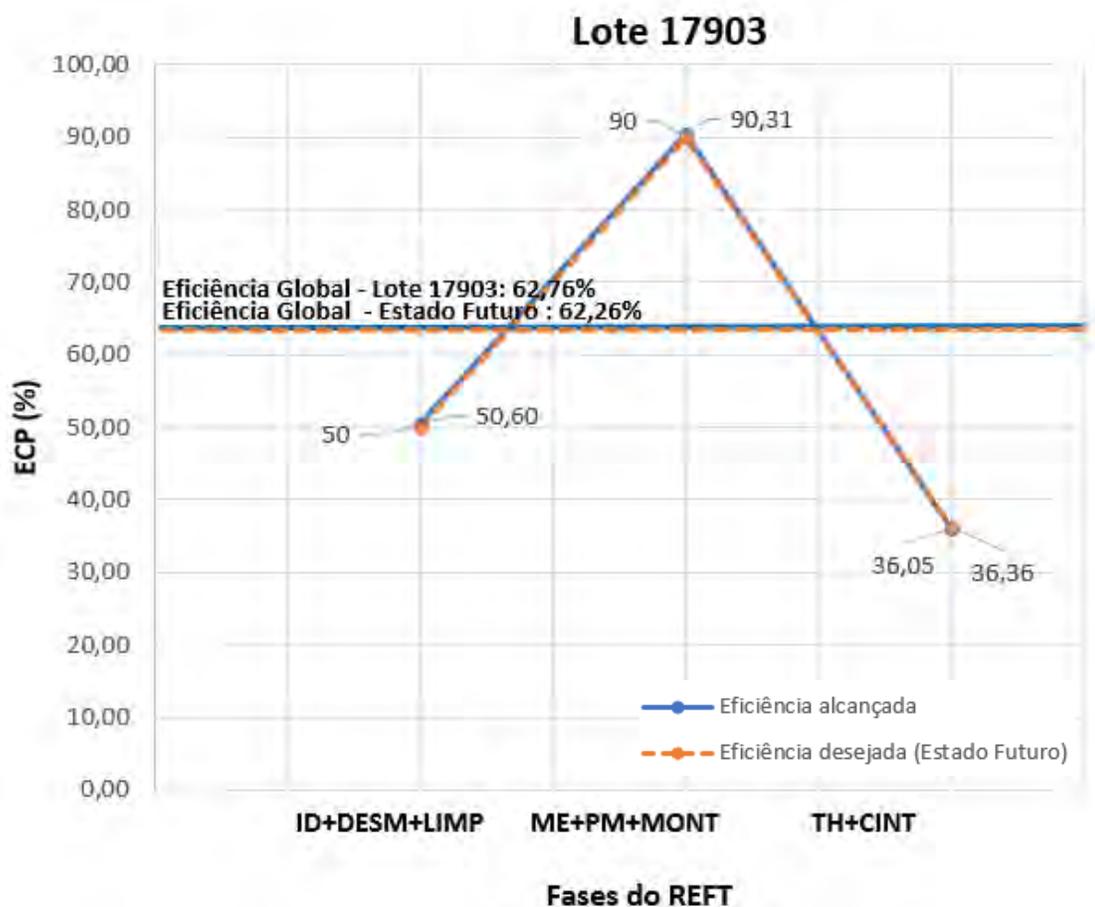
**Figura 30.** Lote 17135: eficiência atingida x eficiência desejada. Fonte: elaboração própria

Ao analisar o gráfico apresentado na Figura 30, é possível verificar que o processo REFT executado no lote 17135 atingiu uma eficiência global de 62,93%. Este índice se mostrou superior ao desejado para o processo REFT em seu estado futuro (62,26%) conforme apresentado na página 74 deste trabalho. Além disso, a primeira etapa do processo identificação + desmontagem + limpeza (ID+DESM+LIMP) apresentou uma eficiência de 48,90%, inferior aos 50% desejados. No entanto, a segunda etapa do processo medição de espessura + partícula magnética + montagem (ME+PM+MONT) apresentou uma eficiência de 90,23%, ligeiramente superior aos 90% desejados. A última etapa teste hidrostático + cintamento (TH+CINT) apresentou uma eficiência de 38,58%, também superior aos 36,36% desejados.



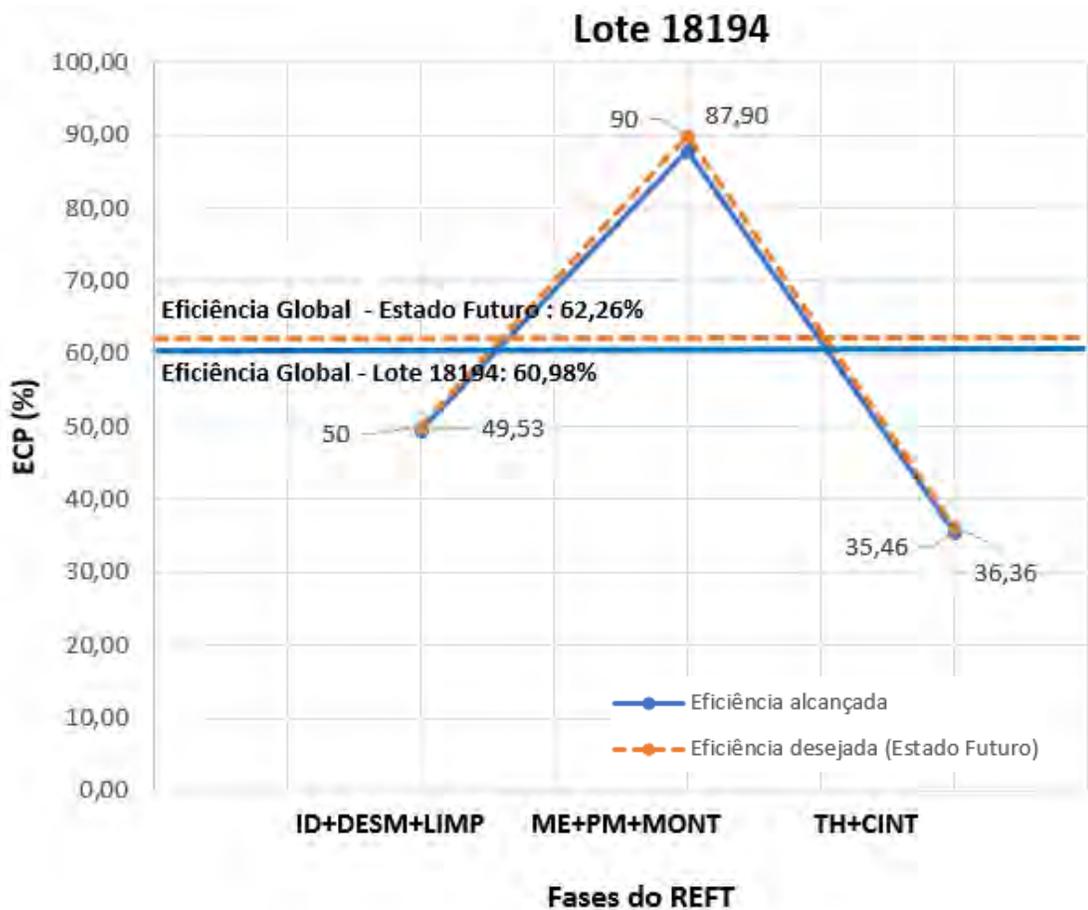
**Figura 31.** Lote 17279: eficiência atingida x eficiência desejada. Fonte: elaboração própria

Ao analisar o gráfico apresentado na Figura 31, é possível verificar que o processo REFT executado no lote 17279 atingiu uma eficiência global de 62,63%. Este índice se mostrou superior ao desejado para o processo REFT em seu estado futuro (62,26%) conforme apresentado na página 74 deste trabalho. Além disso, a primeira etapa do processo identificação + desmontagem + limpeza (ID+DESM+LIMP) apresentou uma eficiência de 49,96%, bem próximo aos 50% desejados. A segunda etapa do processo medição de espessura + partícula magnética + montagem (ME+PM+MONT) apresentou uma eficiência de 90,45%, superior aos 90% desejados. A última etapa teste hidrostático + cintamento (TH+CINT) apresentou uma eficiência de 36,61%, também superior aos 36,36% desejados.



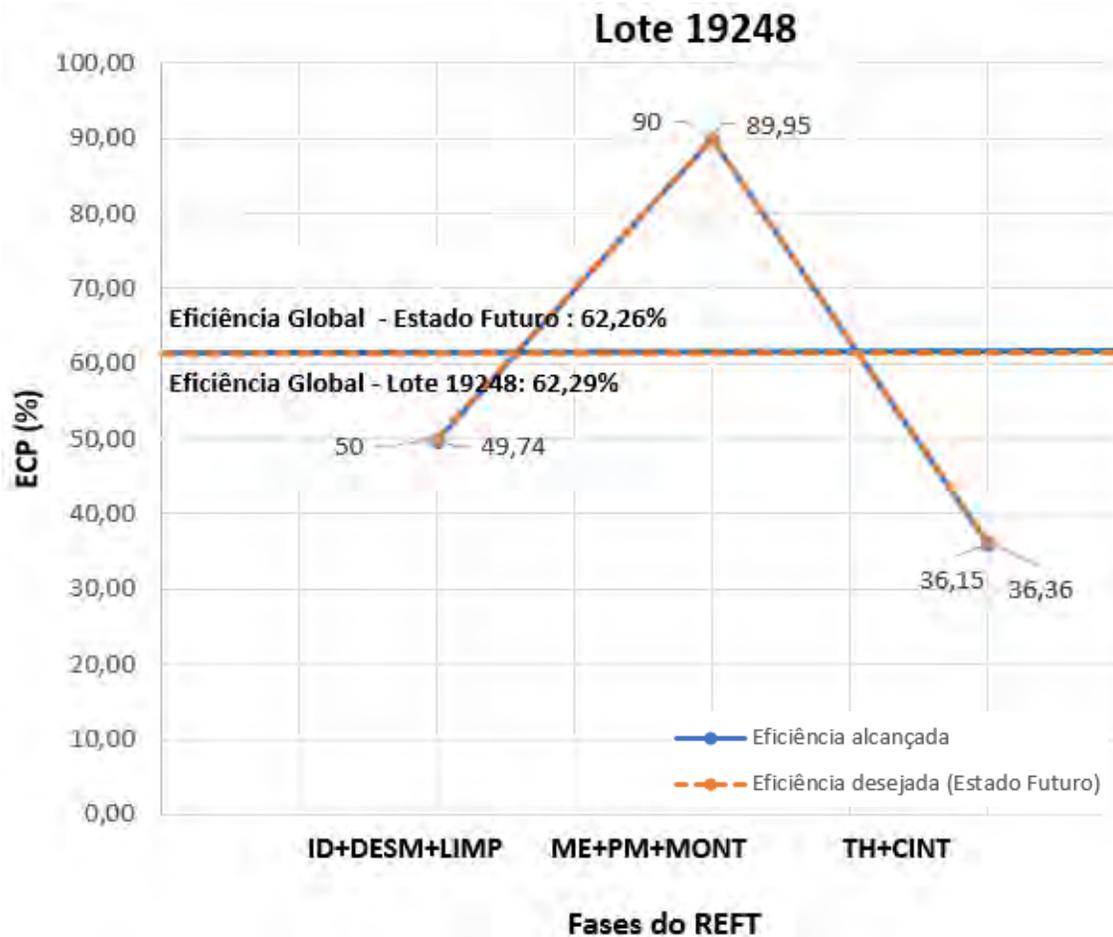
**Figura 32.** Lote 17903: eficiência atingida x eficiência desejada. Fonte: elaboração própria

Ao analisar o gráfico apresentado na Figura 32, é possível verificar que o processo REFT executado no lote 17903 atingiu uma eficiência global de 62,76%. Este índice se mostrou superior ao desejado para o processo REFT em seu estado futuro (62,26%) conforme apresentado na página 74 deste trabalho. Além disso, a primeira etapa do processo identificação + desmontagem + limpeza (ID+DESM+LIMP) apresentou uma eficiência de 50,60%, superior aos 50% desejados. A segunda etapa do processo medição de espessura + partícula magnética + montagem (ME+PM+MONT) apresentou uma eficiência de 90,31%, superior aos 90% desejados. Já a última etapa teste hidrostático + cintamento (TH+CINT) apresentou uma eficiência de 36,05%, bem próximo aos 36,36% desejados.



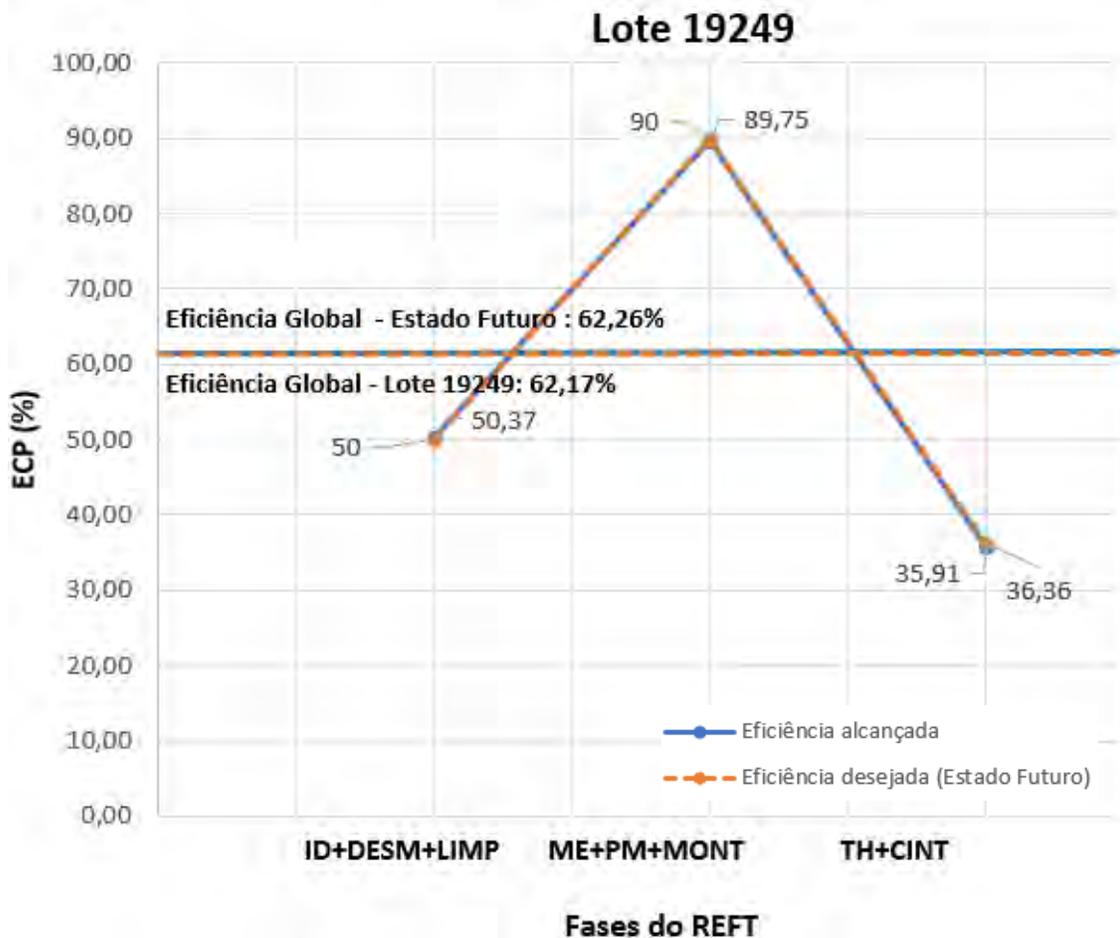
**Figura 33.** Lote 18194: eficiência atingida x eficiência desejada. Fonte: elaboração própria

Ao analisar o gráfico apresentado na Figura 33, é possível verificar que o processo REFT executado no lote 18194 atingiu uma eficiência global de 60,98%. Este índice se mostrou inferior ao desejado para o processo REFT em seu estado futuro (62,26%) conforme apresentado na página 74 deste trabalho. Além disso, a primeira etapa do processo identificação + desmontagem+ limpeza (ID+DESM+LIMP) apresentou uma eficiência de 49,53%, bem próximo aos 50% desejados. No entanto, a segunda etapa do processo medição de espessura + partícula magnética + montagem (ME+PM+MONT) apresentou uma eficiência de 87,90%, inferior aos 90% desejados. Já a última etapa teste hidrostático + cintamento (TH+CINT) apresentou uma eficiência de 35,45%, bem próximo aos 36,36% desejados.



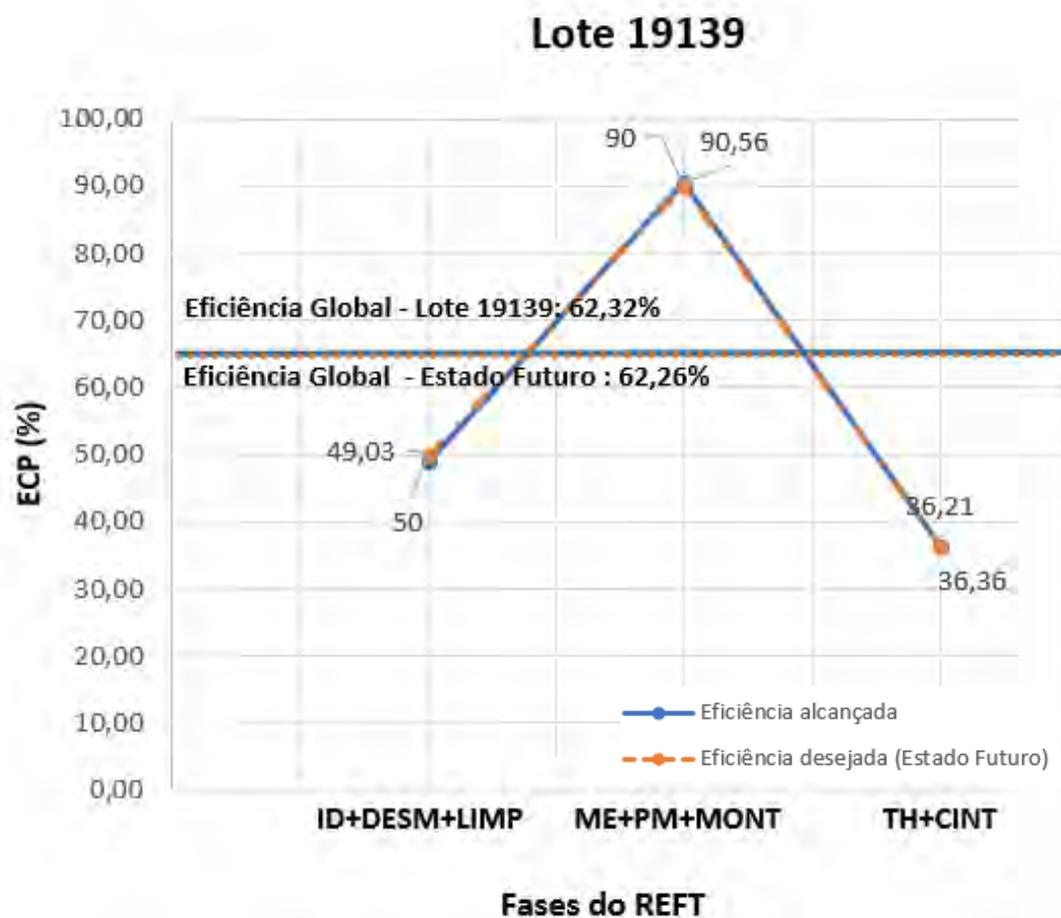
**Figura 34.** Lote 19248: eficiência atingida x eficiência desejada. Fonte: elaboração própria

Ao analisar o gráfico apresentado na Figura 34, é possível verificar que o processo REFT executado no lote 19248 atingiu uma eficiência global de 62,29%. Este índice se mostrou superior ao desejado para o processo REFT em seu estado futuro (62,26%) conforme apresentado na página 74 deste trabalho. No entanto, a primeira etapa do processo identificação + desmontagem+ limpeza (ID+DESM+LIMP) apresentou uma eficiência de 49,74%, inferior, porém, bem próximo aos 50% desejados. A segunda etapa do processo medição de espessura + partícula magnética + montagem (ME+PM+MONT) apresentou uma eficiência de 89,95%, também bem próxima dos 90% desejados. A última etapa teste hidrostático + cintamento (TH+CINT) apresentou uma eficiência de 36,15%, bem próximo aos 36,36% desejados.



**Figura 35.** Lote 19249: eficiência atingida x eficiência desejada. Fonte: elaboração própria

Ao analisar o gráfico apresentado na Figura 35, é possível verificar que o processo REFT executado no lote 19249 atingiu uma eficiência global de 62,17%. Este índice se mostrou inferior, porém bem próximo ao desejado para o processo REFT em seu estado futuro (62,26%) conforme apresentado na página 74 deste trabalho. No entanto, a primeira etapa do processo identificação + desmontagem+ limpeza (ID+DESM+LIMP) apresentou uma eficiência de 50,37%, superior aos 50% desejados. A segunda etapa do processo medição de espessura + partícula magnética + montagem (ME+PM+MONT) apresentou uma eficiência de 89,75%, inferior, porém, bem próxima dos 90% desejados. Já a última etapa teste hidrostático + cintamento (TH+CINT) apresentou uma eficiência de 35,91%, inferior aos 36,36% desejados.



**Figura 36.** Lote 19139: eficiência atingida x eficiência desejada. Fonte: elaboração própria

Ao analisar o gráfico apresentado na Figura 36, é possível verificar que o processo REFT executado no lote 19139 atingiu uma eficiência global de 62,32%. Este índice se mostrou superior ao desejado para o processo REFT em seu estado futuro (62,26%) conforme apresentado na página 74 deste trabalho. No entanto, a primeira etapa do processo identificação + desmontagem + limpeza (ID+DESM+LIMP) apresentou uma eficiência de 49,03%, inferior aos 50% desejados. A segunda etapa do processo medição de espessura + partícula magnética + montagem (ME+PM+MONT) apresentou uma eficiência de 90,56%, superior aos 90% desejados. Já a última etapa teste hidrostático + cintamento (TH+CINT) apresentou uma eficiência de 36,21%, inferior, porém bem próxima aos 36,36% desejados.

A Tabela 9 a seguir apresenta a comparação entre a eficiência registrada para cada etapa, além do cálculo global para o processo REFT em três momentos distintos:

- (a) Eficiência do estado atual quando mapa de estado atual foi elaborado na fase principal (ver páginas 57 e 58),
- (b) Eficiência desejada quando o mapa do estado futuro foi elaborado na fase ação (ver página 74),
- (c) Eficiência alcançada na média dos doze lotes avaliados entre abril e julho de 2018 na fase de avaliação após implementação do plano de ação.

**Tabela 9.** Comparação eficiência processo REFT.

<b>Etapa</b>	<b>Estado Atual</b>	<b>Estado Futuro</b>	<b>Alcançada</b>
Identificação	8,33%		
Desmontagem	33,33%	50%	49,14%
Limpeza	41,67%		
Medição de Espessura	27,78%		
Partícula Magnética	38,10%	90%	87,52%
Montagem	33,33%		
Teste Hidrostático	5,66%		
Cintamento	7,14%	36,36%	34,05%
Global	20,62%	62,26%	60,37%

Fonte: elaboração própria.

Os dados apresentados na Tabela 9 mostram a evolução na eficiência alcançada pelo processo REFT proporcionada pela implantação das modificações previstas no plano de ação.

A segunda coluna apresenta os índices de eficiência de cada uma das oito etapas do processo REFT calculada durante a fase principal desta pesquisa, isto é, quando o mapa do estado atual (MEA) com base na observação (participante e não participante) foi executada.

A terceira coluna apresenta a eficiência estipulada para cada uma de suas três etapas do processo REFT. Com essa eficiência desejada, a empresa Beta conseguiria atingir a meta de recertificar oito equipamentos por dia útil, para evitar entregas fora do prazo e perda de demanda para concorrentes por exemplo.

A última coluna apresenta a eficiência alcançada em cada uma das três etapas do processo REFT após a implementação das modificações em seus fluxos de informação e material. Esses números foram calculados na fase de avaliação dessa pesquisa, com base na observação não participante de doze lotes avaliados entre os meses de abril e julho de 2018.

É possível notar um aumento considerável da eficiência global quando os cenários do estado atual (20,62%) *versus* o que de fato foi alcançado na média dos doze lotes (60,37%). Essa comparação permite concluir em um primeiro momento que as modificações planejadas no plano de ação para tornar o processo REFT mais eficiente obtiveram eficácia em sua implementação.

Em contrapartida, a eficiência de cada etapa do processo REFT, bem como o número global calculado com a média dos doze lotes avaliados se mostraram inferiores aos números desejados quando o mapa de estado futuro do processo REFT foi elaborado.

#### **5.4.3. Análise da lucratividade alcançada**

Assim como as duas análises anteriores, a terceira análise conduzida na fase avaliação considerou os números da margem de lucro alcançados em cada um dos doze lotes de equipamentos de clientes que passou pelo processo REFT da empresa Beta entre abril e julho de 2018.

O cálculo da margem de lucro alcançada em cada um dos doze lotes utilizou a equação 3 apresentada na página 60 deste trabalho e repetida a seguir.

$$\text{Margem de Lucro (\%)} = \left[ \frac{VCC - CTP}{VCC} \times 100 \right] \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

VCC = Valor do serviço de recertificação por equipamento cobrado ao cliente

CTP = Custo total do processo (HH X *lead time* do processo de recertificação por equipamento)

Desta forma, o cálculo considerou a diferença entre o valor do serviço cobrado ao cliente (VCC) e o custo total do processo (CTP), que considera o total homens hora empenhado na recertificação de cada equipamento. O valor de diferença foi dividido pelo valor cobrado ao cliente (VCC). Os resultados são apresentados na Tabela 10 a seguir.

**Tabela 10.** Fase avaliação - margem de lucro alcançada por lote.

Lote	<i>Lead Time</i> (minutos)	Margem de lucro(%)
1	64,40	72,86
2	64,30	72,90
3	60,18	74,64
4	58,55	75,33
5	60,13	74,66
6	54,08	77,21
7	51,60	78,25
8	52,98	77,67
9	55,10	76,78
10	52,77	77,76
11	54,10	77,20
12	52,82	77,74
MÉDIA	56,75	76,08

Fonte: elaboração própria.

Como visto na equação 3, o *lead time* para conclusão do processo REFT para recertificar cada equipamento do cliente é a variável que possui maior influência para seu resultado. As demais variáveis foram mantidas constantes outra vez, ou seja, o valor do serviço de recertificação por equipamento cobrado ao cliente (VCC) permaneceu em R\$700,00 e o homem hora dos operadores envolvidos no processo permaneceu em R\$177,00.

Dessa forma, como pode ser observado na Tabela 10, os lotes 7,8,10 e 12 apresentaram margem de lucro superior aos 77,66% desejados para o estado futuro do processo REFT. Os demais lotes, bem como a média entre os doze apresentarem índices inferiores ao desejado, porém, todos bem superiores aos 32,57% que o processo REFT apresentava como margem de lucro média em seu estado atual, antes de passar pelas intervenções e mudanças em seus fluxos de informação e material propostas e executadas pelo plano de ação.

## 6. Conclusão

Nesta pesquisa foi aplicado o mapeamento de fluxo de valor (MFV) em um processo crítico de uma empresa da cadeia de óleo e gás. O MFV pode ser considerado uma das mais fundamentais ferramentas *lean*, justamente por proporcionar uma visão geral dos processos onde é aplicada. Ela permite que as organizações enxerguem desperdícios e oportunidades de melhoria a partir da elaboração do mapa do estado atual, seguido do planejamento e implementação de um plano de ação que pode utilizar demais ferramentas *lean* para tornar realidade um estado futuro mais eficiente e com menos desperdícios.

No caso desta pesquisa, aproveitou-se de uma oportunidade oferecida pela alta gestão da empresa Beta em que o estudo foi desenvolvido. Ela diagnosticou que um processo chave relacionado a prestação de serviços de recertificação em equipamentos de clientes, batizado de REFT, estava apresentando baixa eficiência. Esse problema estava resultando em entregas fora do prazo, bem como perda de potencial demanda para concorrentes. Essas consequências em conjunto implicavam em prejuízo financeiro para a empresa em questão.

Com o objetivo final de avaliar o impacto da aplicação do mapeamento de fluxo de valor (MFV) nos indicadores de desempenho (eficiência e lucratividade) do processo REFT, bem como propor e executar um plano de ação visando alcançar melhorias, isto é, redução de custos e eliminação dos desperdícios para o mesmo, a pesquisa pôde ser iniciada.

A partir desse ponto, foi definido que a metodologia de pesquisa-ação seria aplicada nessa pesquisa de natureza qualitativa, do tipo aplicada. Assim lançou-se mão de diferentes recursos metodológicos em suas diversas fases para alcançar os objetivos intermediários propostos.

Após a conclusão dos cinco objetivos intermediários desta pesquisa-ação, foi possível atingir o objetivo principal desta pesquisa. Os números medidos ao final da pesquisa demonstraram que a recertificação média de equipamentos de clientes variou de 7 a 8,75 equipamentos por dia, com uma média de 7,98 após a implementação do MFV. Esses números foram bem superiores aos 2,93 equipamentos que eram recertificados por dia no processo REFT em seu estado atual. Além disso, o *takttime* registrado variou de 51,43 a 64,28 minutos, com uma média de 56,68 minutos. Esses números foram bem próximos aos 56,25 minutos desejados para a execução do processo REFT em seu estado futuro. Isso demonstra a eficácia das modificações previstas no plano de ação, que resultaram na melhoria do ritmo de produção. As melhorias tiveram impactos também no índice de entregas fora do prazo, que diminuiu de 52%

(processo REFT em seu estado atual) para 8,3% (processo REFT após modificações previstas no plano de ação).

Desta forma, a eficiência do processo REFT após a implementação do plano de ação melhorou. A análise se baseou em número levantados através da observação não participante de doze lotes durante a fase de avaliação da pesquisa. Ela demonstrou que a eficiência global de todas as etapas que compõe o processo REFT variou nos lotes avaliados entre 56,93% e 62,93%. Alguns lotes apresentaram índices inferiores aos 62,26% desejados para o processo REFT em seu estado futuro. No entanto, todos eles apresentaram números superiores aos 20,62% de eficiência que o processo REFT apresentava em seu estado atual.

A última análise apresentada foi sobre números de margem de lucro bruta alcançados pelo processo REFT após a implementação do plano de ação. Esse número variou de 72,86% a 78,25%. Ainda que em alguns lotes avaliados a margem de lucro tenha ficado abaixo dos 77,66% desejados para o estado futuro, a melhora apresentada foi significativa quando comparada aos 32,57% que o processo REFT costumava apresentar em seu estado atual.

Um comportamento de evolução nos números de *takt time* (ritmo de produção), com consequente aumento de eficiência, diminuição de *lead time* e aumento de margem de lucro nos doze lotes avaliados nessa última fase da pesquisa foi notado. Isso pode ser explicado por uma possível curva de aprendizagem que os operadores da empresa Beta que executavam o processo REFT tiveram que percorrer para se acostumarem com as modificações no fluxo do processo, que até então era realizada de uma forma bem diferente. Cabe salientar que o processo REFT era realizado com uma lógica totalmente empurrada ao invés da lógica puxada que fora implementada. Além disso, existiam diversos excessos de movimentação de material e de pessoas que foram eliminados, entre outras melhorias que foram discutidas anteriormente. Registra-se que não houve nenhuma modificação no quadro de colaboradores da equipe operacional da empresa Beta durante o período em que a pesquisa foi conduzida.

A presente pesquisa apresenta algumas limitações, entre elas o número de lotes avaliados na última fase da pesquisa. Executar uma observação por um período maior poderia ser interessante para observar se o comportamento de melhoria observado e registrado entre os meses de abril e julho de 2018 se manteriam similares no futuro. No entanto, ressalta-se a robustez dos dados apresentados, visto que os mesmos tiveram como base a observação não participante dos tempos gastos em cada operação que compõe o processo REFT em 55,48% dos 620 equipamentos que compuseram os doze lotes recebidos nesse período.

Outra limitação da pesquisa são fatores externos que contribuem para o aumento ou diminuição da demanda de equipamentos que a empresa Beta recebe de seus clientes para passarem pelo processo REFT. Como visto, esse número apresentou evolução entre os anos de 2015 e 2017. Esse comportamento continua sendo observado em 2018, antes e após a implementação do plano de ação que tornou o processo mais eficiente. No entanto, não é possível precisar que ganhos futuros de fatias do mercado vão se dar única e exclusivamente pelo fato do processo REFT ter se tornado mais eficiente. Para uma análise desse porte, seria necessária uma nova pesquisa comparando todos os *players* envolvidos nessa equação. De qualquer forma, é possível afirmar que a empresa Beta se tornou mais preparada a absorver novas demandas vindas de seus clientes, além de ter tornado o seu principal processo (que representa 90% de seu faturamento) mais lucrativo, pelo menos até o momento.

Essa pesquisa-ação deixa também um legado para todos os colaboradores que participaram de sua execução, bem como para a empresa Beta, em especial os membros do seminário central que puderam participar ativamente de todas as fases executadas. Desta forma, seja por iniciativa da alta gerência, ou dos colaboradores, os mesmos conceitos do mapeamento de fluxo de valor (MFV) podem ser aplicados em diversos processos da empresa, sejam eles operacionais, administrativos, entre outros. O conceito de melhoria contínua, que talvez seja um dos princípios mais fundamentais da abordagem enxuta (*lean manufacturing*) pode ter sido plantado nesta empresa através dessa pesquisa, de forma prática, e pode trazer frutos para a mesma no longo prazo. Não foi o objetivo dessa pesquisa trabalhar a questão da gestão do conhecimento e do comportamento organizacional, mas modificações como as desenvolvidas nessa pesquisa influenciam também esses aspectos, que podem também ser estudados em pesquisas futuras.

A presente pesquisa-ação apresenta oportunidades de trabalhos futuros relacionados ao próprio processo REFT ou a novos processos da empresa Beta. Como discutido, é necessário checar continuamente se as melhorias implementadas vão continuar a surtir efeito, e se o ritmo de produção vai continuar próximo aos níveis alcançados ou até mesmo melhorado. Isso pode ser feito em uma nova pesquisa-ação que pode partir do mapa do processo REFT em seu estado alcançado, propor novas melhorias para um novo estado futuro ainda melhor, implementá-las e checar seus resultados alcançados mais uma vez. Recomenda-se que seja repetido para sempre dentro da empresa Beta. Trata-se do que é chamado na literatura de ciclo PDCA (*plan-do-check-act*), onde a melhoria é contínua e sempre se encontra oportunidades de melhorar processos existentes.

## 7. Referências

ACHMAD, Z. Value Creation of Digital Oilfield Technology, Study Case During Field Well Monitoring. In: SPE/IATMI Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition, 2017, Jakarta, Indonesia. **Anais eletrônicos...** Jakarta, Indonesia, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.2118/186903-MS>>. Acesso em 02 dez. 2017.

ADEYEMI, O. S. Upstream Workflow Transformation in a Mature Joint Venture Asset: Design, Implementation and Adoption for Value Creation. In: SPE Middle East Intelligent Energy Conference and Exhibition, 2013, Manama, Bahrain. **Anais eletrônicos...** Manama, Bahrain, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.2118/167484-MS>>. Acesso em 03 jul. 2017.

AHLSTROM, P. Lean service operations: Translating lean production principles to service operations. **International Journal of services Technology and Management**, v.5, n.5/6, p.545-564, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1504/IJSTM.2004.006284>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

ALLAN, M.E.; GOLD, D.K.; REESE, D.W. Application of Toyota's Principles and Lean Processes to Reservoir Management: More tools to overload the toolbox or a step change in our business? In: SPE Western Regional / Pacific Section AAPG Joint Technical Conference, 2013, California. **Anais eletrônicos...** California, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2118/165331-MS>>. Acesso em: 05 jul. 2017.

AZIZ, R.F.; HAFEZ, S.M. Applying lean thinking in construction and performance improvement. **Alexandria Engineering Journal**, v. 52, n. 4, p. 679-695, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008>>. Acesso em: 22 mai. 2017.

BAKER, M.; TAYLOR, I.; MITCHELL, A. **Making Hospitals Work**. Herefordshire, England, Lean Enterprise Academy Ltd, 2009, 168p., ISBN 978-0955147326.

BASBAR, A. E. A.; AL KHARUSI, A.; AL KINDI, A. Reducing NPT of Rigs Operation through Competency Improvement: A Lean Manufacturing Approach. In: SPE Bergen One Day Similar, 2016, Bergen, Noruega. **Anais eletrônicos...** Bergen, Noruega, 2016. Disponível em <<https://doi.org/10.2118/180066-MS>> Acesso em 16 mai. 2017.

BICHENO, J. **The Lean Toolbox**, Buckingham: PICSIE Books, 2004. 308p. ISBN 0954124456.

BHAMU, J; SANGWAN, K.S. Lean manufacturing: literature review and research issues. **International Journal of Operations & Production Management**, v.34, n.7, p.876-940, 2014. Disponível em: < <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>>. Acesso em:15 mai. 2017.

BHASIN, S. Lean and performance measurement. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 19, n. 5, p. 670-684, 2008.

BRANSKI, R.M.; IGNÁCIO, P.S.A. Aplicação de Lean na cadeia de exploração e produção de petróleo (upstream). In: CALADO, Robisom (Org.). **Lean Six Sigma na Indústria de Óleo e Gás, Aplicações e Boas Práticas**, GlobalSouth Press, 2017. p. 187-198.

BOWEN, D. E.; YOUNGDAHL, W. E. Lean service: in defense of a production-line approach. **International Journal of Service Industry Management**, v.9, n.3, p.207-225, 1998. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/09564239810223510>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

BUELL, R. S. Creating a Culture to Deliver Sustainable HSE Performance. **SPE Projects, Facilities & Construction**, v. 1, n.3, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.2118/98564-PA>>. Disponível em 06 jul. 2017.

CALADO, Robisom (Org.). **Lean Six Sigma na Indústria de Óleo e Gás, Aplicações e Boas Práticas**, GlobalSouth Press, 2017. 442p. ISBN 978-1-943350-64-3.

CALSAVARA, N. A. Aplicação do pensamento Lean Office e mapeamento do fluxo de valor no processo de concepção de unidades bancárias de uma empresa do setor financeiro. **GEPROS**, Bauru, v. 11, n. 3, p. 105-117, jul-set/2016. Disponível em <[10.15675/gepros.v11i3.1464](https://doi.org/10.15675/gepros.v11i3.1464)>. Acesso em: 29 abr. 2017.

CARDOSO, L. C. **Petróleo do poço ao posto**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005, 192p. ISBN:9788573038002.

CARIDI, M.; MORETTO, A.; PEREGO, A.; TUMINO, A. The benefits of supply chain visibility: a value assessment model. **International Journal of Production Economics**, v. 151, n. 1, p. 1–19, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.12.025>>. Acesso em 08 mai. 2017.

CASTIBLANCO, R. Value of LEAN Mentality with Trailer Mounted Well Test Unit in the Sultanate of Oman. In: SPE Aby Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference, 2017, Abu Dhabi, UAE. **Anais eletrônicos...** Abu Dhani/UAE, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.2118/188538-MS>>. Acesso em 03 dez. 2017.

CHARLES, S. R.; DEUTMAN, R.; GOLD, D. K. Implementing Lean Manufacturing Principles in New Well Construction. In: SPE Heavy Oil Conference, 2012, Calgary, Alberta, Canada. **Anais eletrônicos...** Calgary/Canada, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.2118/157907-MS>>. Acesso em 02 jul. 2017.

CHAURASIA, B.; GARG,D.; AGARWAL,A. Framework to improve performance through implementing Lean Six Sigma strategies to oil exporting countries during recession or depression. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v.65, n.3, p.422-432, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/IJPPM-01-2015-0011>>. Acesso em 15 mai. 2017.

COGAN, S.; MACEDO, H.G.; SANTOS, C.M.; LOURENÇO, R.L. redes colaborativas em contabilidade lean: um estudo sobre a influência da produção estrangeira no Brasil. IN: 13th International Conference On Information Systems & Technology Management - CONTECSI – 2016. **Anais eletrônicos...** Disponível em: DOI: 10.5748/9788599693124-13CONTECSI/PS-4019. Acesso em 18 mai. 2017.

CORIAT, B. **Pensar pelo avesso: o modelo japonês de gestão**. 2. ed. Rio de Janeiro: Revan/UFRJ, 2007, 212p., ISBN 9788571062099.

COUTINHO, M.C. Dialética da exclusão / inclusão em uma organização industrial. **ERA**, v. 5, n. 1, art. 7, jan./jun. 2006. Disponível em: <<http://www.rae.com.br/electronica/index.cfm?FuseAction=Artigo&ID=3356&Secao=Fórum&Volume=5&Numero=1&Ano=2006>>. Acesso em: 03 mai. 2017.

CAZZOLATO, N. K. Resenha Bibliográfica: Pesquisa-ação nas organizações. **Organizações em contexto**, v. 4, n. 7, jun. 2008. Disponível em: <<https://www.metodista.br/revistas/revistas-ims/index.php/OC/article/.../1343/1361>>. Acesso em: 29 abr. 2017.

COUGHLAN, P.; COGHLAN, D. Action research for operations management. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/01443570210417515>>. Acesso em: 02 mai. 2017.

CRESWELL, J.W. **Investigação qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens**. 3ª Ed. – Porto Alegre: Penso, 2014, 342p., ISBN 8565848884.

CUATRECASAS, L. A lean management implementation method in service operation. **International Journal of services Technology and Management**, v.5, n. 5/6, p.532-544, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1504/IJSTM.2004.006283>>. Acesso em: 27 mai. 2017.

DELBRIDGE, R. **Life on the Line in Contemporary Manufacturing: The Workplace experience of Lean production and the “Japanese” Model**, Oxford University Press, Oxford. 2000, 248p., ISBN 978-0199240432.

DELBRIDGE, R., LOWE, J.; OLIVER, N. Shop floor responsibilities under lean team working. **Human Relations**, v. 53, n.11, p. 1459-1479, 2000.

DENNEY, D. Exception-Based Surveillance. **SPE Journal of Petroleum Technology**, v.62, n.10, 2010. Disponível em: <<https://doi:10.2118/1010-0066-JPT>>. Acesso em 07 jul. 2017.

DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada**. Porto Alegre: Bookman, 2007, 192p., ISBN 9788577801091.

ELIAS, S.J.B; OLIVEIRA; M.M.; TUBINO, D.F. Mapeamento do Fluxo de Valor: Um Estudo de Caso em uma Indústria de Gesso. **Revista ADMpg Gestão Estratégica**, v. 4, n. 1, 2011. Disponível em: < <http://www.admpg.com.br/revista2011/artigos/5.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2017.

FARIAS, Ricardo. Estrutura de dados e algoritmos. Disponível em: <http://www.cos.ufrj.br/~rfarias/cos121/filas.html>. Acesso em: 05 jun .2017.

FARRIS, P. W.; NEIL T. B.; PHILLIP, E. P.; DAVID, J. R. **Marketing Metrics: The Definitive Guide to Measuring Marketing Performance**. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc; 2010. ISBN 0-13-705829-2.

FREITAS, A.E.B.; QUELHAS, O.L.G.; ANHOLON, R. Lean Six Sigma no setor de óleo & gás e correlações com o modelo Toyota de Liker: uma revisão da Literatura. In: CALADO, Robisom (Org.). **Lean Six Sigma na Indústria de Óleo e Gás, Aplicações e Boas Práticas**, GlobalSouth Press, 2017. p. 9-31.

FREITAS, J. G. **Aula de LEAN (Parte 2)**. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.26566.27200>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

FREITAS, J.G.; COSTA, G.H. Impacts of Lean Six Sigma over organizational sustainability: A systematic literature review on Scopus base. **International Journal of Lean Six Sigma**, Vol. 8, n. 1, p.89-108, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2015-0039>>; Acesso em 02 mai. 2017.

FORNO, A.J.D.; PEREIRA, F.A.; FORCELLINI, F.A.; KIPPER, L.M. Value Stream Mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools. **Int. J. Manuf Technol.**, v. 72, n.5, p. 779-790, 2014. Disponível em: <10.1007/s00170-014-5712-z>. Acesso em: 02 mai. 2017.

GADELHA,F.C.; BESSA,J.A.; MOURA,L.B.; BARROSO,D.A.; MENEZES,J.W.M.; ALEXANDRIA;A.R. Alteração de um layout funcional para layout celular motivado pelos fundamentos da manufatura enxuta: estudo de caso em indústria de transformadores. **Revista Holos**, v.6, n.31, jun. 2015. Disponível em: <10.15628/holos.2015.1556>. Acesso em 10 mai. 2017.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010. 184p. Bibliografia p. 29-33. ISBN 9788522458233.

GEORGE, M. L. **Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed**. McGraw-Hill, NY: McGraw-Hill, 2002, 300p., ISBN 0071385215.

GUINATO, Paulo. **Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção.In Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**, Editora Universitária da UFPE: Recife, 2000.

GREEF, A. C.; FREITAS, M. C. D.; ROMANEL, F. B. **Lean Office: Operação, Gerenciamento e Tecnologias**. São Paulo: Atlas, 2012. 240p. ISBN 9788522473007.

HALLOWELL, M. R.; VELTRI, A.; JOHNSON, S. Safety & Lean One Manufacturer's Lessons Learned And Best Practices. **Professional Safety**, v.54, n.11, p.22-27, 2009.

HAQUE, J. K.R.; SRIVASTAVA, A.V.M.A.; QURASHI, I.B. Pyrimidine derivatives as novel acidizing corrosion inhibitors for N80 steel useful for petroleum industry: A combined experimental and theoretical approach. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v.49, p.176-188, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.01.025>> . Acesso em: 05 fev. 2018.

HARAGOVICS, M.; MIZSEY, P. A novel application of exergy analysis: Lean Manufacturing tool to improve energy efficiency and flexibility of hydrocarbon processing. **Energy**, v.77, p. 382-390, 2014. Disponível em: <<https://10.1016/j.energy.2014.09.011>>. Acesso em 14 jun.2017.

HINES, P.; HOLWEG, M.; RICH, N. Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. **International Journal of Operations & Production Management**, v.24, n.10, p. 994-1011, 2004. Disponível em: < <https://doi.org/10.1108/01443570410558049>>. Acesso em 15 mai. 2017.

HOLWEG, M. The genealogy of lean production. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 1, pp. 420-437, 2007. Disponível em: < doi:10.1016/j.jom.2006.04.001>. Acesso em 17 mai. 2017.

IUDINA, S.V.; GARIFULLINA, M.S.; SERIKOVA, N.V. Trends in Development of Corporate Organizational and Managerial Innovation in Russia and the Principles of Lean Production. **Mediterranean Journal of Sciences**, v. 6, n.3, p.492-498, 2015. Disponível em: < Doi:10.5901/mjss.2015.v6n3p492>. Acesso em: 10 jul. 2017.

JAFARINEJAD, S. **Introduction to the Petroleum Industry**. Petroleum Waste Treatment and Pollution Control, Butterworth-Heinemann. 2017.378p. ISBN: 9780128092439.

JASTI, N.V.K.; KODALI, R. A literature review of empirical research methodology in lean manufacturing. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 34, n.8, p. 1080 – 1122, 2014. Disponível em: < <https://doi.org/10.1108/IJOPM-04-2012-0169>>. Acesso em: 18 mai. 2017.

JIMMERSON, C. **Value Stream Mapping for Healthcare Made Easy**. Taylor & Francis Group. 2010, 112p., ISBN 9781420078527.

KIMURA, R.M. Agência Nacional de Petróleo. **Indústria Brasileira de Petróleo: Uma análise da cadeia de valor agregado**. Disponível em: < [http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH21/Renata-Megumi-Kimura\\_PRH21\\_UFRJ\\_G.pdf](http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH21/Renata-Megumi-Kimura_PRH21_UFRJ_G.pdf)> . ANP, 2005. Acesso em: 02 jun. 2017.

KINDI, N. A.; SHEHHI, Q. A.; AL ADWANI, A.; AL HABSI, S.; EMANUEL, R. Lean Optimization on Well Placement: Directional Drilling Operations in South of Oman Wells: A Case Study. In: SPE Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference, 2016, Abu Dhabi, UAE. **Anais eletrônicos...** Abu Dhabi, UAE, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.2118/183038-MS>> Acesso em 05 jun. 2017.

KELBY, J. How to Use Lean to Improve and Drive Safety Performance. In: American Society of Safety Engineers Conference, 2014, Orlando, Florida. **Anais eletrônicos...** Orlando, Florida, 2014.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **Léxico Lean. Glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean**. Editora Lean Enterprise Institute, 2011, 130p., ISBN 9780974182407.

LEITE, H.R.; VIEIRA, G.E. Lean philosophy and its applications in the service industry: a review of the current knowledge. **Revista Production**, São Paulo, v.25, n.3, jul./set.2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.079012>. Acesso em 15 mai. 2017.

LIKER, Jeffrey. **O Modelo Toyota. 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005, 316p., ISBN 8536304952.

LIKER, J.K.; MEIER, D. **Toyota way fieldbook**. McGraw-Hill, New York. 2005. 476p., ISBN 0071448934.

MANUELE, F. A. Lean Concepts Opportunities For Safety Professionals. **Professional Safety**, v. 52, n.8, p.28-34, 2007.

MCKAY, J.; MARSHALL, P. The Dual Imperatives of Action Research. **Information Technology & People**, v. 14, n. 1, p. 46-59, 2001. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/09593840110384771>>. Acesso em: 02 ago. 2017.

MIA, M.A.S.; NUR-E-ALAM, M.; UDDIN. M.K. Court shoe production line: Improvement of process cycle efficiency by using lean tools. **Leather and Footwear Journal**, v.17, n. 3, p. 135-146, 2017. Disponível em <[http://revistapielarieincaltaminte.ro/revistapielarieincaltaminteresurse/en/fisiere/full/vol17-nr3/article3\\_vol17\\_issue3.pdf?\\_sm\\_nck=>](http://revistapielarieincaltaminte.ro/revistapielarieincaltaminteresurse/en/fisiere/full/vol17-nr3/article3_vol17_issue3.pdf?_sm_nck=>) . Acesso em 10 out. 2017.

MILAN, R.; MILAN, B.; MARKO, C.; JOVANOVIC, V.; DALIBOR, B.; BORJIC, Z.; AVRAMOVIĆ, N. Implementation of Business Process Reengineering in Human Resource Management. **Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics**, v.25, n.2, p.211-222, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5755/j01.ee.25.2.4590>>. Acesso em: 27 jun. 2017.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção. Uma abordagem integrada ao Just-in-Time**. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2014, 552p. ISBN: 8582602154

NALLUSAMY, S.; ADIL AHAMED, M. Implementation of lean tools in an automotive industry for productivity enhancement - A case study. **International Journal of Engineering Research in Africa**, v. 29, pp. 175-185. Disponível em: doi/10.4028/www.scientific.net/JERA.29.175. Acesso em 05 out. 2017.

NASCIMENTO, A. L.; FRANCISCHINI, P. G. Caracterização do Sistema de Operações de Serviço Enxuto. **PIC-EPUSP**, n. 2. 2004. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Paulino\\_Francischini/publication/265941705\\_CHARACTERIZACAO\\_DE\\_SISTEMA\\_DE\\_OPERACOES\\_DE\\_SERVICO\\_ENXUTO/links/551bea130cf20d5fbde222a3/CARACTERIZACAO-DE-SISTEMA-DE-OPERACOES-DE-SERVICO-ENXUTO.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Paulino_Francischini/publication/265941705_CHARACTERIZACAO_DE_SISTEMA_DE_OPERACOES_DE_SERVICO_ENXUTO/links/551bea130cf20d5fbde222a3/CARACTERIZACAO-DE-SISTEMA-DE-OPERACOES-DE-SERVICO-ENXUTO.pdf)>. Acesso em: 17 mai. 2017.

NASH, M.A.; POLING, S.R. **Mapping the Total Value Stream: A Comprehensive Guide for Production and Transactional Processes**, Taylor & Francis Group, New York, NY, 2008, 294p., ISBN 1563273594.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção. Além da Produção em Larga Escala**. 1.ed. Porto Alegre: Bookman, 1997, 150p. ISBN: 979-8573071701.

OICA. Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles. 2017 World Motor Vehicle Production. Disponível em: <<http://www.oica.net/category/production-statistics/2017-statistics/>>. Acesso em 02 fev. 2018.

OLIVER, N.; DELBRIDGE, R.; LOWE, J. Lean production practices: international comparisons in the auto components industry. **British Journal of Management**, v. 7 n. 1, p. 29-44, 1996.

POPA, A.; RAMOS, R.; COVER, A. B.; POPA, C. G. Integration of Artificial Intelligence and Lean Sigma for Large Field Production Optimization: Application to Kern River Field. In: SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 2005, Dallas, Texas. **Anais eletrônicos...** Dallas, Texas, 2005. Disponível em: <https://doi:10.2118/97247-MS>. Acesso em: 13 jul. 2017.

RACHMAN, A.; RATNAYAKE, R.M.C. Implementation of Lean Knowledge Work in Oil and Gas Industry – A Case Study from a Risk-Based Inspection Project. In: IEEE IEEM, 2016, Indonesia. **Anais eletrônicos...** Disponível em: < 10.1109/IEEM.2016.7797961> Acesso em 28 jun. 2017.

RATNAYAKE, R.M.C.; CHAUDRY, O. Performance Improvement of Oil and Gas Industry via Lean Concept: A Case Study from Valves Requisition. In: IEEE IEEM, 2016, Singapura. **Anais eletrônicos...** Disponível em: < 10.1109/IEEM.2015.7385892>. Acesso em 28 jun. 2017.

RATNAYAKE, R.M.C.; CHAUDRY, O. Maintaining sustainable performance in operating petroleum assets via a lean-six-sigma approach: A case study from engineering support services. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 8, n.1, p.33-52, 2017. Disponível em: < <https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2015-0042>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

RAWLINS, S. A.; GIASSON, T.; OKAFOR, Z. M.; BOKAREV, A.; MOROZ, P. Improved Performance in Real-Time Operational Support Processes via Application Process Workflow Optimization Techniques in Russia. In: SPE Intelligent Energy International, 2012, Utrecht, Holanda. **Anais eletrônicos...** Utrecht, Holanda, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.2118/149345-MS>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

REIS, A.; STENDER, G.; MARUYAMA, U. Internal logistics management: Brazilian warehouse best practices based on lean methodology. **Int. J. Logistics Systems and Management**, v. 26, n. 3, p.329-345, 2017. Disponível em: < <http://pppro.cefet-rj.br/wp-content/uploads/2017/05/IJLSM260304-REIS-et-al.pdf>>. Acesso em: 19 mai. 2017.

ROMERO, J.; JANUSZ, N.; FAREI, I. LEAN Methodology in a Long Term Velocity String Campaign, a Step Forward in Snubbing Operations. In: SPE Middle East Intelligent Oil and Gas Conference Exhibition, 2015, Abu Dhabi, UAE. **Anais eletrônicos...** Abu Dhabi, 2015. Disponível em: <<https://doi:10.2118/176766-MS>. 2015>. Acesso em: 04 jun. 2017.

ROSSATO, J.; SOUZA, L. L. C.; FORCELLINI, F. A; VARVAKIS, G. Fluxo de Valor de uma Indústria de Confecção: uma análise a partir do pensamento enxuto. **Espacios**. v.34, n.10, 2013. Disponível em: < <http://www.revistaespacios.com/a13v34n10/13341004.html>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar**. São Paulo: Lean Institute Brasil. 2003, 113p. ISBN 8588874024.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA**. Lean Enterprise Institute. 2009.

SÁNCHEZ, A.M.; PÉREZ, M.P. The use of lean indicators for Operations Management in services. **Int. Journal of services technology and Management**, v. 5, n. 5-6, p. 465-478, 2004. Disponível em: < 10.1504/IJSTM.2004.006278>. Acesso em: 27 abr. 2017.

SHAH, R.; WARD, P.T. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. **Journal of Operations Management**, v. 21, n. 2, p. 129-149, 2003. Disponível em: < 10.1016/S0272-6963(02)00108-0>. Acesso em: 27 abr. 2017.

SHINGO, S. **Sistemas de Produção com Estoque Zero: O Sistema Shingo para Melhorias Contínuas**. 1.ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção, do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1997, ISBN 8573071699.

SINKORA, E. Never out of style in the shop: Classic Lean Techniques. 2015. Disponível em <<https://advancedmanufacturing.org>>. Acesso em 02 jul. 2017.

STRATEGOSINC. **The limitations of value stream mapping: when to use VSM and when to use other methods**. 2017. Disponível em: [www.strategosinc.com/value-stream-mapping-4.htm](http://www.strategosinc.com/value-stream-mapping-4.htm). Acesso em: 01/06/2017.

SWANK, C.K. **The lean service machine**. Harvard Business Review, pp.123-129, 2003.

TAPPING, D.; KOZLOWSKI, S.; ARCHBOLD, L.; SPERL, T. **Value stream management for lean healthcare**. MCS Media, 2009, 306p., ISBN 0979288789.

TAPPING, D.; SHUKER, T. **Value Stream Management for the Lean Office: 8 Steps to Planning, Mapping, and Sustaining Lean Improvements in Administrative Areas**. 1º ed., Productivity Press: New York, NY, 2003, 171p., ISBN 1563272466.

TAUBITZ, M. A. Lean, Green & Safe: Integrating Safety into the Lean, Green and Sustainability Movement. **Professional Safety**, v. 55, n. 5, p. 39-46, 2010.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2009. 136p. ISBN 9788524917165.

THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência: Petrobras, 2004. 272p. ISBN 85-7193-046-5.

TRIPP, David. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica**. Educação e Pesquisa, v.31, n.3, p.443-466, 2005. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-97022005000300009>>. Acesso em: 03 ago. 2017.

TYAGI, S.; CHOUDHARY, A.; CAI, X.; YANG, K. Value stream mapping to reduce the lead-time of product development process. **Int. J. Production Economics**, v. 160, p. 202-2012, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.11.002>. Acesso em 10 jun. 2017.

VENKATARAMAN, K.; RAMNATH, B.V.; KUMAR, V.M.; ELANCHEZHIAN, C. Application of Value Stream Mapping for Reduction of Cycle Time in a Machining Process.

**Procedia Materials Science**, v. 6, p.1187 – 1196, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.mspro.2014.07.192>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

VERGARA, Sylvia Constant. **Métodos de coleta de dados no campo**. 1.ed. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2009. ISBN: 978-85-224-5624-6.

WAHAB, M.S.; SIDEK, K.A.M.; YAHYA, M.S.; AHMAT, M.M. Production improvement in an aircraft manufacturing company using value stream mapping approach. **Applied Mechanics and Materials**, v. 660, n. 1, p. 1038-1042, 2014.

WENCHI, S.; WANG, J.; WANG, X.; CHONG, H. An application of value stream mapping for Turnaround maintenance in oil and gas industry: case study and lessons learned. In:31st Annual Association of Researchers in Construction Management Conference (ARCOM), 2015, Lincoln, UK. **Anais eletrônicos....** Lincoln/UK, ARCOM, 2015. Disponível em: <<http://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/49ec9c51ba16c05246993a47b724bb53.pdf>> . Acesso em: 12 jun. 2017.

WERKEMA, Cristina. **Lean Seis Sigma: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing**. 2.ed. Rio de Janeiro: Editora Werkema, 2011. ISBN: 978-85-352-5384-9.

WILLIAMS, J.; ROBERT, S. Safety Systems and Lean Manufacturing: A Perfect Marriage. In: American Society of Safety Engineers Professional Conference and Exposition, 2005, New Orleans, Louisiana. **Anais eletrônicos...** New Orleans, Estados Unidos, 2005.

WOMACK, J.; JONES, D.; ROSS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Nova ed. Revisada e atual. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004, 343p. ISBN: 978-85-352-1269-3.

WOMACK, J.; JONES, D. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2004. 458p. ISBN: 8535212701.

WOMACK, James P. **Value Stream Mapping Manufacturing Engineering**. Dearborn, v. 136, n.5, p.145, mai. 2006.

WTI. Western Texas Intermediate. Crude Oil Prices – 70 Years Historical Chart. Disponível em: <<http://www.macrotrends.net/1369/crude-oil-price-history-chart>>. Acesso em 02 dez. 2017.

## **ANEXOS**

A – Demanda e média de recertificação referente ao processo REFT (2015-2017)

B – Tempos observados e cronometrados durante observação participante

C – Tempos observados e cronometrados durante observação não participante

D – Fase avaliação: tempos observados e cronometrados durante observação não participante

## Anexo A – Demanda e média de recertificação referente ao processo REFT (2015-2017)

**Quadro 1.** Demanda e média de recertificação de equipamentos referente ao processo REFT de 2015 a 2017 (continua).

Item	Lote	Qtd de Equip.	Data de Recebimento	Data de Finalização	Status	Período (Dias úteis)	Recertificação Média (Total Equip./dia)
1	LOTE 29814	27	16/09/2015	09/11/2015		37	0,73
2	LOTE 29855	4	17/09/2015	09/11/2015		36	0,11
3	LOTE 30310	76	26/10/2015	18/11/2015		17	4,47
4	LOTE 30396	4	22/10/2015	18/11/2015		21	0,19
5	LOTE 30721	17	05/11/2015	26/11/2015		16	1,06
6	LOTE 30816	18	16/11/2015	04/12/2015		15	1,20
7	LOTE 30918	22	17/11/2015	22/12/2015		26	0,85
8	LOTE 30947	13	18/11/2015	07/12/2015		14	0,93
9	LOTE 78688	19	16/12/2015	11/01/2016		19	1
10	LOTE 31814	54	06/01/2016	22/01/2016		13	4,15
11	LOTE 31844	34	06/01/2016	14/01/2016		7	4,86
12	LOTE 31866	16	08/01/2016	01/02/2016		17	0,94
13	LOTE 31939	19	18/01/2016	01/02/2016		11	1,73
14	LOTE 32132	15	20/01/2016	04/02/2016		12	1,25
15	LOTE 32172	10	22/01/2016	04/02/2016		10	1,00
16	LOTE 32333	19	03/02/2016	19/02/2016		11	1,73
17	LOTE 32467	7	17/02/2016	19/02/2016		3	2,33
18	LOTE 9960	148	18/02/2016	09/03/2016		15	9,87
19	LOTE 32513	23	19/02/2016	02/03/2016		9	2,56
20	LOTE 32577	16	24/02/2016	09/03/2016		11	1,45
21	LOTE 81327	18	29/02/2016	18/03/2016		15	1,20
22	LOTE 32829	7	11/03/2016	18/03/2016		6	1,17
23	LOTE 32909	17	18/03/2016	24/03/2016		5	3,40
24	LOTE 10511	68	08/04/2016	18/05/2016		27	2,52
25	LOTE 10643	73	13/04/2016	18/05/2016		24	3,04
26	LOTE 33462	47	29/04/2016	06/05/2016		6	7,83
27	LOTE 10816	78	03/05/2016	27/06/2016		37	2,11
28	LOTE 83675	14	12/05/2016	23/05/2016		8	1,75
29	LOTE 11069	108	16/05/2016	06/06/2016		14	7,71
30	LOTE 33734	8	20/05/2016	24/05/2016		3	2,67
31	LOTE 33772	29	20/05/2016	10/06/2016		14	2,07
32	LOTE 33815	2	01/06/2016	01/06/2016		1	2,00
33	LOTE 33973	9	03/06/2016	10/06/2016		6	1,50
34	LOTE 85157	15	11/07/2016	28/07/2016		14	1,07
35	LOTE 11582	15	12/07/2016	20/07/2016		7	2,14
36	LOTE 34651	1	19/07/2016	19/07/2016		1	1,00
37	LOTE 35056	8	05/08/2016	09/08/2016		3	2,67
38	LOTE 86071	21	16/08/2016	23/08/2016		6	3,50
39	LOTE 13153	13	10/11/2016	11/11/2016		2	6,50
40	LOTE 89590	21	17/11/2016	28/11/2016		8	2,63

**Quadro 1.** continuação.

Item	Lote	Qtd de Equip.	Data de Recebimento	Data de Finalização	Status	Período (Dias úteis)	Recertificação Média (Total Equip./dia)
41	LOTE 14156	201	03/03/2017	31/03/2017		21	9,57
42	LOTE 92902	27	16/03/2017	03/05/2017		33	0,82
43	LOTE 14454	200	31/03/2017	05/05/2017		24	8,33
44	LOTE 14765	42	04/05/2017	02/06/2017		22	1,91
45	LOTE 38037	25	09/05/2017	19/05/2017		9	2,78
46	LOTE 14852	3	16/05/2017	18/05/2017		3	1,00
47	LOTE 38075	9	18/05/2017	26/05/2017		7	1,29
48	LOTE 38107	9	23/05/2017	29/05/2017		5	1,80
49	LOTE 14930	159	25/05/2017	07/07/2017		30	5,30
50	LOTE 38204	31	02/06/2017	16/06/2017		10	3,10
51	LOTE 38296	14	20/06/2017	03/07/2017		10	1,40
52	LOTE 95782	26	10/07/2017	24/07/2017		11	2,36
53	LOTE 15541	115	18/07/2017	18/08/2017		24	4,79
54	LOTE 9517	1	29/08/2017	01/09/2017		4	0,25
55	LOTE 9969	76	11/09/2017	19/09/2017		7	10,86
56	LOTE 38758	15	15/09/2017	22/09/2017		6	2,50
57	LOTE 97679	39	22/09/2017	28/09/2017		5	7,80
<b>Legenda</b>							
	Entregue no prazo acordado						
	Entregue com atraso						

Fonte: elaboração própria.

## Anexo B – Tempos observados e cronometrados durante observação participante

**Quadro 1.** Tempos observados e cronometrados durante observação participante (continua).

Lote	Operação	Equipamentos observados durante todo o fluxo	Tempo de Ciclo (T/C)médio observado (Segundos)	Tempo de Troca (T/R) médio observado (Segundos)	Tempo de Espera observado (Segundos)
9969	Identificação	38	62	NA	663
	Desmontagem	38	305	NA	558
	Limpeza	38	303	NA	418
	Medição de Espessura	38	306	64	719
	Partícula Magnética	38	486	NA	782
	Montagem	38	304	NA	599
	Teste Hidrostático	38	184	302	2705
	Cintamento	38	63	61	715
38758	Identificação	15	64	NA	655
	Desmontagem	15	299	NA	599
	Limpeza	15	297	NA	422
	Medição de Espessura	15	299	63	725
	Partícula Magnética	15	485	NA	778
	Montagem	15	302	NA	604
	Teste Hidrostático	15	184	297	2698
	Cintamento	15	58	57	718
97679	Identificação	25	59	NA	662
	Desmontagem	25	302	NA	602
	Limpeza	25	299	NA	421
	Medição de Espessura	25	304	58	724
	Partícula Magnética	25	482	NA	782
	Montagem	25	298	NA	605
	Teste Hidrostático	25	178	302	2704
	Cintamento	25	63	61	721
9855	Identificação	3	58	NA	657
	Desmontagem	3	302	NA	598
	Limpeza	3	305	NA	417
	Medição de Espessura	3	304	65	719
	Partícula Magnética	3	483	NA	775
	Montagem	3	299	NA	597
	Teste Hidrostático	3	178	305	2697
	Cintamento	3	59	62	717
16417	Identificação	2	61	NA	657
	Desmontagem	2	306	NA	598
	Limpeza	2	304	NA	419
	Medição de Espessura	2	307	65	717
	Partícula Magnética	2	477	NA	781
	Montagem	2	303	NA	598
	Teste Hidrostático	2	182	304	2702
	Cintamento	2	63	61	719

Quadro 1. continuação.

Lote	Operação	Equipamentos observados durante todo o fluxo	Tempo de Ciclo (T/C)médio observado (Segundos)	Tempo de Troca (T/R) médio observado (Segundos)	Tempo de Espera observado (Segundos)
38918	Identificação	4	55	NA	655
	Desmontagem	4	295	NA	599
	Limpeza	4	296	NA	422
	Medição de Espessura	4	294	64	725
	Partícula Magnética	4	476	NA	781
	Montagem	4	302	NA	600
	Teste Hidrostático	4	178	302	2701
	Cintamento	4	58	62	720
38928	Identificação	3	61	NA	659
	Desmontagem	3	302	NA	598
	Limpeza	3	301	NA	420
	Medição de Espessura	3	300	61	717
	Partícula Magnética	3	477	NA	777
	Montagem	3	303	NA	604
	Teste Hidrostático	3	182	304	2698
	Cintamento	3	63	59	715
10135	Identificação	30	62	NA	659
	Desmontagem	30	299	NA	599
	Limpeza	30	302	NA	422
	Medição de Espessura	30	295	55	719
	Partícula Magnética	30	481	NA	781
	Montagem	30	300	NA	599
	Teste Hidrostático	30	182	303	2703
	Cintamento	30	59	61	725
10281	Identificação	28	59	NA	658
	Desmontagem	28	302	NA	597
	Limpeza	28	300	NA	423
	Medição de Espessura	28	297	62	716
	Partícula Magnética	28	481	NA	728
	Montagem	28	306	NA	602
	Teste Hidrostático	28	183	303	2704
	Cintamento	28	64	59	718
Média Geral (em segundos)	Identificação	148	60,11	NA	658,33
	Desmontagem	148	301,33	NA	594,22
	Limpeza	148	300,78	NA	420,44
	Medição de Espessura	148	300,67	61,89	720,11
	Partícula Magnética	148	480,89	NA	773,89
	Montagem	148	301,89	NA	600,89
	Teste Hidrostático	148	181,22	302,44	2701,33
	Cintamento	148	61,11	60,33	718,67
Média Geral (em minutos)	Identificação	148	1	NA	11
	Desmontagem	148	5	NA	10
	Limpeza	148	5	NA	7
	Medição de Espessura	148	5	1	12
	Partícula Magnética	148	8	NA	13
	Montagem	148	5	NA	10
	Teste Hidrostático	148	3	5	45
	Cintamento	148	1	1	12

Fonte: elaboração própria.

## Anexo C – Tempos observados e cronometrados durante observação não participante

**Quadro 1.** Tempos observados e cronometrados durante observação não participante (continua).

Lote	Operação	Equipamentos observados durante todo o fluxo	Tempo de Ciclo (T/C)médio observado	Tempo de Troca (T/R) médio observado	Tempo de Espera observado
30310	Identificação	50	65	NA	662
	Desmontagem	50	306	NA	602
	Limpeza	50	302	NA	425
	Medição de Espessura	50	304	62	724
	Partícula Magnética	50	486	NA	786
	Montagem	50	302	NA	602
	Teste Hidrostático	50	181	304	2708
	Cintamento	50	63	62	726
30918	Identificação	20	58	NA	658
	Desmontagem	20	298	NA	599
	Limpeza	20	295	NA	419
	Medição de Espessura	20	296	59	718
	Partícula Magnética	20	477	NA	779
	Montagem	20	299	NA	598
	Teste Hidrostático	20	177	299	2698
	Cintamento	20	56	57	718
31844	Identificação	35	59	NA	662
	Desmontagem	35	301	NA	599
	Limpeza	35	299	NA	422
	Medição de Espessura	35	305	59	723
	Partícula Magnética	35	482	NA	785
	Montagem	35	299	NA	602
	Teste Hidrostático	35	178	299	2701
	Cintamento	35	59	62	719
10511	Identificação	32	65	NA	662
	Desmontagem	32	302	NA	599
	Limpeza	32	301	NA	418
	Medição de Espessura	32	308	62	719
	Partícula Magnética	32	481	NA	778
	Montagem	32	302	NA	596
	Teste Hidrostático	32	177	301	2705
	Cintamento	32	59	59	721
86071	Identificação	12	59	NA	662
	Desmontagem	12	300	NA	599
	Limpeza	12	302	NA	410
	Medição de Espessura	12	297	59	718
	Partícula Magnética	12	476	NA	786
	Montagem	12	302	NA	605
	Teste Hidrostático	12	179	298	2690
	Cintamento	12	61	62	725

Quadro 1. continuação.

Lote	Operação	Equipamentos observados durante todo o fluxo	Tempo de Ciclo (T/C)médio observado	Tempo de Troca (T/R) médio observado	Tempo de Espera observado
14454	Identificação	135	62	NA	662
	Desmontagem	135	302	NA	598
	Limpeza	135	305	NA	421
	Medição de Espessura	135	291	62	725
	Partícula Magnética	135	482	NA	770
	Montagem	135	303	NA	604
	Teste Hidrostático	135	182	299	2701
	Cintamento	135	57	62	724
95782	Identificação	20	62	NA	661
	Desmontagem	20	305	NA	597
	Limpeza	20	298	NA	422
	Medição de Espessura	20	309	60	715
	Partícula Magnética	20	482	NA	781
	Montagem	20	302	NA	603
	Teste Hidrostático	20	186	297	2696
	Cintamento	20	57	57	718
97679	Identificação	30	62	NA	662
	Desmontagem	30	302	NA	604
	Limpeza	30	304	NA	416
	Medição de Espessura	30	301	59	718
	Partícula Magnética	30	486	NA	779
	Montagem	30	302	NA	599
	Teste Hidrostático	30	181	302	2700
	Cintamento	30	59	62	723
Média Geral (em segundos)	Identificação	334	61,50	NA	661,38
	Desmontagem	334	302,00	NA	599,63
	Limpeza	334	300,75	NA	419,13
	Montagem	334	301,38	60,25	720,00
	Medição de Espessura	334	481,50	NA	780,50
	Partícula Magnética	334	301,38	NA	601,13
	Teste Hidrostático	334	180,13	299,88	2699,88
	Cintamento	334	58,88	60,38	721,75
Média Geral (em minutos)	Identificação	334	1	NA	11
	Desmontagem	334	5	NA	10
	Limpeza	334	5	NA	7
	Montagem	334	5	1	12
	Medição de Espessura	334	8	NA	13
	Partícula Magnética	334	5	NA	10
	Teste Hidrostático	334	3	5	45
	Cintamento	334	1	1	12

Fonte: elaboração própria.

**Anexo D – Fase avaliação: tempos observados e cronometrados durante observação não participante**

**Quadro 1.** Fase avaliação: tempos observados e cronometrados durante observação não participante (continua).

<b>Lote</b>	<b>Operação</b>	<b>Equipamentos observados durante todo o fluxo</b>	<b>Tempo de Ciclo (T/C)médio observado</b>	<b>Tempo de Troca (T/R) médio observado</b>	<b>Tempo de Espera observado</b>
<b>16104</b>	Identificação+Desmontagem+Limpeza	48	718	NA	782
	Medição de Espessura+Partícula Magnética+Montagem	48	1237	59	183
	Teste Hidrostático+Cintamento	48	292	172	421
<b>16391</b>	Identificação+Desmontagem+Limpeza	16	719	NA	783
	Medição de Espessura+Partícula Magnética+Montagem	16	1235	62	182
	Teste Hidrostático+Cintamento	16	291	174	412
<b>16583</b>	Identificação+Desmontagem+Limpeza	40	682	NA	775
	Medição de Espessura+Partícula Magnética+Montagem	40	1133	61	142
	Teste Hidrostático+Cintamento	40	241	181	396
<b>16845</b>	Identificação+Desmontagem+Limpeza	16	716	NA	710
	Medição de Espessura+Partícula Magnética+Montagem	16	1145	82	84
	Teste Hidrostático+Cintamento	16	245	159	372
<b>16903</b>	Identificação+Desmontagem+Limpeza	64	681	NA	776
	Medição de Espessura+Partícula Magnética+Montagem	64	1130	64	140
	Teste Hidrostático+Cintamento	64	245	178	394

**Quadro 1.** Continuação.

<b>Lote</b>	<b>Operação</b>	<b>Equipamentos observados durante todo o fluxo</b>	<b>Tempo de Ciclo (T/C)médio observado</b>	<b>Tempo de Troca (T/R) médio observado</b>	<b>Tempo de Espera observado</b>
<b>17135</b>	Identificação+Desmontagem+Limpeza	16	688	NA	678
	Medição de Espessura+Partícula Magnética+Montagem	16	1099	58	61
	Teste Hidrostático+Cintamento	16	255	117	289
<b>17279</b>	Identificação+Desmontagem+Limpeza	16	651	NA	652
	Medição de Espessura+Partícula Magnética+Montagem	16	1061	57	55
	Teste Hidrostático+Cintamento	16	227	112	281
<b>17903</b>	Identificação+Desmontagem+Limpeza	8	675	NA	659
	Medição de Espessura+Partícula Magnética+Montagem	8	1090	58	59
	Teste Hidrostático+Cintamento	8	230	109	299
<b>18194</b>	Identificação+Desmontagem+Limpeza	24	681	NA	694
	Medição de Espessura+Partícula Magnética+Montagem	24	1090	62	88
	Teste Hidrostático+Cintamento	24	245	127	319
<b>19248</b>	Identificação+Desmontagem+Limpeza	48	658	NA	665
	Medição de Espessura+Partícula Magnética+Montagem	48	1083	59	62
	Teste Hidrostático+Cintamento	48	231	111	297

**Quadro 1.** Continuação.

<b>Lote</b>	<b>Operação</b>	<b>Equipamentos observados durante todo o fluxo</b>	<b>Tempo de Ciclo (T/C)médio observado</b>	<b>Tempo de Troca (T/R) médio observado</b>	<b>Tempo de Espera observado</b>
<b>19249</b>	Identificação+Desmontagem+Limpeza	16	681	NA	671
	Medição de Espessura+Partícula Magnética+Montagem	16	1095	62	63
	Teste Hidrostático+Cintamento	16	242	121	311
<b>19139</b>	Identificação+Desmontagem+Limpeza	32	675	NA	669
	Medição de Espessura+Partícula Magnética+Montagem	32	1070	58	59
	Teste Hidrostático+Cintamento	32	230	109	299

Fonte: elaboração própria.