

CENTRO DE TECNOLOGIA DA INDÚSTRIA QUÍMICA E TÊXTIL
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA SENAI: CENTRO DE TECNOLOGIA DA
INDÚSTRIA QUÍMICA E TÊXTIL

Beatriz de Brito Corrêa

**APLICAÇÃO DA FERRAMENTA PDCA NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE
ÓLEOS LUBRIFICANTES**

Rio de Janeiro

2020

Beatriz de Brito Corrêa

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA PDCA NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em engenharia química, da Faculdade de Engenharia Química SENAI CETIQT, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em engenharia química.

Orientadora: Tanise Mori Flores

Rio de Janeiro

2020

Ficha Catalográfica

Corrêa, Beatriz de Brito.

Aplicação da ferramenta PDCA no processo de fabricação de óleos lubrificantes / Beatriz de Brito Corrêa. – Rio de Janeiro, 2020.
60 f. : il.

Orientadora: Tanise Mori Flores

Projeto final de curso a ser submetido à Comissão Examinadora do Curso de Bacharelado em Engenharia Química, da Faculdade SENAI CETIQT, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química.

1. PDCA. 2. Óleo lubrificante. 3. Retrabalho. 4. Produtividade. 5. Redução de custos. I. Título.

Beatriz de Brito Corrêa

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA PDCA NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE ÓLEOS
LUBRIFICANTES

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em engenharia química, da Faculdade de Engenharia Química SENAI CETIQT, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em engenharia química.

Aprovada em:

Aprovado por*:

Orientadora: Tanise Mori Flores, M. Sc.

Banca Examinadora*:

Andre Luiz Carneiro Simões, M. Sc.

Faculdade SENAI CETIQT

Letícia Rodrigues Chaparro Corrêa, M. Sc.

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Sergio Baltar Fandino, D. Sc.

Faculdade SENAI CETIQT

Rio de Janeiro

2020

*as assinaturas foram geradas eletronicamente no site <https://www.assinaturagratis.com/>, e encontram-se no final do documento.

Dedico esta e todas as demais conquistas aos meus pais, que apoiaram todas as minhas decisões, sem eles nada seria possível. Ao meu irmão, que nunca negou uma palavra de apoio.

Também dedico este trabalho ao meu namorado, por todo incentivo e puxões de orelha.

Dizem que não escolhemos um tema para a monografia, mas sim quem irá nos orientar. Tanise, obrigada por ter acreditado em mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelas oportunidades, por me guiar até aqui e me dar sabedoria nas escolhas que fiz, não me deixando desistir e renovando minhas forças todos os dias da minha vida.

Agradeço ao meu namorado, Guilherme, e aos meus amigos, alguns de quase uma vida, outros um pouco mais recentes, mas que me incentivaram, apoiaram e sempre acreditaram no meu potencial, às vezes até mais que eu.

Aos meus amigos que fiz na faculdade, muito obrigada por cada momento de alegria e desespero compartilhados, sem vocês essa jornada teria sido muito árdua. Levarei vocês comigo para sempre.

Agradeço ao SENAI/CETIQT por ter me proporcionado encontros tão valiosos, aos professores que fizeram parte da minha formação minha eterna gratidão. A minha orientadora Tanise Flores por toda dedicação e por ter aceitado o desafio de me orientar. Muito obrigada! Também gostaria de citar os companheiros da empresa na qual estagiei e hoje trabalho: MOOVE que foram generosos e fundamentais para a concretização desta etapa.

Tudo isso, contudo, não seria possível sem a minha família que sempre estiveram ao meu lado, e por isso agradeço e dedico não só este trabalho de conclusão de curso, mas toda a minha vida a eles. Aos meus pais, Bernadete e Paulo, o meu muito obrigada por todo investimento e todas as palavras de coragem e amor, sem vocês eu não teria conseguido. Ao meu irmão, Michel, e a minha prima, Vitória, que sempre foram meus melhores amigos e incentivadores. Às minhas avós, Déa e Nilcínia, pelas inúmeras orações e torcida. Aos meus padrinhos, Cristina e Zilton, por me apresentarem o mundo das exatas e me ajudar quando os cálculos ficaram ainda mais complexos, a qualquer hora e com o maior carinho. Meu mais que obrigada, amo todos vocês!

“A persistência é o caminho do êxito.”

(Charles Chaplin)

“Nada na vida deve ser temido, apenas compreendido. Agora é a hora de entender mais, temer menos.”

(Marie Curie)

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.”

(Martin Luther King)

RESUMO

Com o processo de globalização da economia ocorre o aumento da competitividade do mercado, o que provoca mudanças significativas nas técnicas gerenciais. Essas mudanças estão relacionadas à busca por melhores níveis de produtividade e qualidade atrelados a redução de custos. Diante disso, surge o conceito de Manufatura Enxuta. Para alcançar esse conceito são utilizadas diversas ferramentas de suporte, dentre elas, o ciclo PDCA. Com base no ciclo PDCA, o estudo objetivou identificar as contribuições da ferramenta no controle de um processo de fabricação de óleo lubrificante. No que se refere à metodologia, baseou-se na utilização do ciclo como método gerencial na análise de um problema crítico dentro da fabricação de lubrificantes, o retrabalho, a fim de promover a melhoria contínua e sistemática na organização. Como resultado houve a aplicação da metodologia do PDCA que contribuiu para a redução do indicador de retrabalho no processo em questão de forma muito significativa, obtendo valores que superaram a meta proposta, o que possibilitou realização de um segundo ciclo alcançando dados ainda melhores. Ao final deste trabalho foi possível verificar a importância da ferramenta PDCA aplicada à gestão dos processos e eliminação de desperdícios em uma organização.

Palavras-chave: PDCA; Óleo lubrificante; Retrabalho; Produtividade; Redução de custo.

ABSTRACT

Considering the globalization process of the economy, there is an increase in market competitiveness, which causes significant changes in management techniques. These changes are related to the search for better levels of productivity and quality linked to cost reduction. Therefore, the concept of Lean Manufacturing emerges. To achieve this concept, several support tools are used, one of which is the PDCA cycle. This study aimed to identify the contributions of the PDCA tool in the control of a lubricating oil manufacturing process. With regard to the methodology, it is based on the use of the cycle as a management method in the analysis of a critical problem within the manufacture of lubricants, reblending, in order to promote continuous and systematic improvement in the organization. As a result, the application of the PDCA methodology contributed to the reduction of the rework indicator in the process in question in a very significant way, obtaining values that exceeded the proposed goal, which enabled the realization of a second cycle, reaching even better data. At the end of the work, it was possible to see the importance of the PDCA tool for the management of processes and the elimination of non-conformities in the organization.

Keywords: PDCA; Lubricant oil; Reblend; Productivity; Cost reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Os tipos de tipos de perda.....	18
Figura 2 - Ciclo PDCA.....	20
Figura 3 - Diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe	23
Figura 3 - Gráfico do índice de viscosidade.....	35
Figura 4 - Fluxograma do processo de fabricação.....	40
Figura 6 - Gráfico com os dados do Índice % de Reblend referente ao ano-base 2017	45
Figura 7 - Proposta de meta.....	45
Figura 8 - Gráfico representativo dos testes com maior reprovação em 2017	46
Figura 9 - Gráfico dos tanques de fabricação com maiores casos de reprovação em 2017	46
Figura 10 - Diagrama causas-efeitos encontrados	47
Figura 11 - Verificação e comparação dos resultados encontrados com o ano-base 2017	51
Figura 12 - Gráfico com o percentual de índice de reblend obtidos nos meses de 2019.....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características dos óleos parafínicos e naftênicos	29
Quadro 2 - Características correspondentes às faixas de Índice de Viscosidade	35
Quadro 3 - Plano de ação	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CETIQT	Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil
EP	Extrema Pressão
IBP	Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás
ILB	<i>In Line Blender</i>
IV	Índice de Viscosidade
ME	Manufatura Enxuta
PDCA	<i>Plan; Do; Check; Action</i>
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
TAN	<i>Total Acidity Number</i>
TBN	<i>Total Base Number</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VA	Valor Agregado
CEO	<i>Chief Executive Officer</i> – diretor geral ou presidente da empresa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	12
1.1. INTRODUÇÃO.....	12
1.2. OBJETIVOS.....	13
1.2.1. Objetivo Geral.....	13
1.2.2. Objetivos Específicos	13
1.3. JUSTIFICATIVA	14
1.4. DELIMITAÇÃO.....	14
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1. LEAN MANUFACTURING	15
2.2. MELHORIA CONTÍNUA	16
2.3. A PRODUÇÃO ENXUTA E O DESPERDÍCIO.....	17
2.4. CICLO PDCA.....	18
2.4.1. Planejamento – Plan (P)	20
2.4.1.1. Identificação do Problema.....	21
2.4.1.2. Estabelecimento da Meta	21
2.4.1.3. Análise do Fenômeno ou Coleta de Dados	22
2.4.1.4. Análise das Causas – Análise de Processo.....	22
2.4.1.5. Elaboração de um Plano de Ação	24
2.4.2. Execução ou Implementação – Do (D)	25
2.4.3. Verificação – Check (C)	25
2.4.4. Atuação – Action (A).....	26
2.5. ÓLEOS LUBRIFICANTES	27
2.6. BASES LUBRIFICANTES.....	27
2.6.1. Óleos Básicos Minerais	27
2.6.2. Bases Sintéticas	29
2.6.3. Óleos Básicos Não Convencionais	30

2.7. CLASSIFICAÇÃO DOS ÓLEOS BÁSICOS	30
2.8. CARACTERÍSTICAS DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES.....	31
2.8.1. Viscosidade.....	32
2.8.2. Índice de Viscosidade.....	34
2.8.3. Teor de Metais	36
2.9. ADITIVOS EM LUBRIFICANTES.....	36
2.10. MISTURA – PROCESSO DE FABRICAÇÃO.....	38
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA.....	39
3.1 O PROCESSO MOOVE	39
3.1.1 Mistura	39
3.1.2 Controle de Qualidade.....	40
3.1.3 Cálculo do Índice de Retrabalho.....	41
3.2 ETAPA <i>PLAN</i>	41
3.2.1 Identificação do Problema e Estabelecimento da Meta.....	41
3.2.2 Análise do Fenômeno ou Coleta de Dados	42
3.2.3 Análise de Causa e Efeito.....	42
3.2.4 Plano de Ação.....	43
3.3 ETAPA <i>DO</i>	43
3.4 ETAPA <i>CHECK</i>	43
3.5 ETAPA <i>ACTION</i>	44
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
4.1 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA – PDCA.....	44
4.1.1 Etapa <i>Plan</i>	44
4.1.2 Etapa <i>Do</i>	48
4.1.3 Etapa <i>Check</i>	50
4.1.4 Etapa <i>Action</i>	51
4.2 SEGUNDO CICLO PDCA	52

4.2.1	Fevereiro de 2019	53
4.2.2	Maio de 2019	53
4.2.3	Junho de 2019.....	54
4.2.4	Agosto de 2019	55
4.2.5	Setembro de 2019	55
5.1	CONCLUSÃO	57
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1. INTRODUÇÃO

O aumento da competitividade do mercado mundial proporcionado pelo processo de globalização, exigiu a redução de custos e melhores níveis de produtividade e qualidade, entre outras necessidades. Com isso as empresas encararam os desafios da sobrevivência e competitividade e agilidade tecnológica. Faz-se necessário o surgimento de novas técnicas gerenciais, buscando manter as organizações em um cenário constante de mudanças, desenvolvendo sistemas administrativos eficientemente ágeis e suficientemente fortes para os novos padrões estabelecidos com a alteração da econômica na sociedade.

Diante do exposto, emerge o conceito de *Lean manufacturing* ou Manufatura Enxuta (ME) tendo como princípio básico a combinação de novas técnicas gerenciais com máquinas cada vez mais sofisticadas visando produzir mais com menos recursos e mão de obra. Surgiu a partir da necessidade das empresas japonesas do setor automobilístico, principalmente a Toyota Motor Company, desenvolverem mecanismos diferentes de fabricar veículos em relação aos utilizados pela indústria americana, pois perceberam que não poderiam competir com o conceito baseado no sistema de produção em massa da Ford Company e General Motors. Daí resultou um novo modelo de sistema de produção, conhecido como Sistema de Produção Enxuto ou Sistema Toyota de Produção (*Lean Manufacturing/Lean Production*).

O termo *Lean* foi abordado originalmente no livro "A Máquina que Mudou o Mundo" (*The Machine that Changed the World*) de WOMACK, JONES E ROOS publicado nos EUA em 1990. Neste livro, são destacados os sucessos da indústria japonesa e as vantagens do desempenho do Sistema Toyota de Produção: produtividade, qualidade, desenvolvimento de produtos etc. A filosofia *Lean Manufacturing*, embora tenha origem na indústria automobilística, é utilizada em empresas de diversas atividades, de matérias-primas à distribuição, de serviços à manufatura.

Para alcançar um Sistema de Produção Enxuto são utilizadas diversas ferramentas de suporte para a obtenção da melhoria e para a manutenção dela, uma dessas ferramentas é o PDCA (*Plan* – Planejar; *Do* - Executar, *Check* - Controlar, *Action* - Atuar).

Assim com o *Lean*, o método PDCA tem se destacado como um método gerencial para melhoria de processos e soluções de problemas, sendo a base da melhoria contínua e de uso em qualquer tipo de organização. É uma ferramenta que gerencia as tomadas de decisões

de forma a melhorar os processos de uma companhia sendo, também, muito explorado na busca da melhoria da performance.

Além disso, é um eficiente modo de apresentar uma melhoria no processo uma vez que padroniza as informações do controle da qualidade, previne erros lógicos nas análises, e torna as informações de fácil compreensão. Utilizado também para facilitar a mudança de cultura para a filosofia de administração direcionada para melhoria contínua.

Através do gerenciamento dos processos, é possível identificar e melhorar o desempenho dos objetivos estipulados e não alcançados. Desta forma, a gestão de processos, com a ferramenta PDCA torna-se mais importante para atingir a excelência operacional e a melhoria contínua, fundamentada na eliminação de desperdícios e falhas e resultados cada vez melhores.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem o objetivo de apresentar a aplicação das metodologias de prática de manufatura enxuta, PDCA, em uma indústria química e destacar os benefícios atrelados aos resultados obtidos na redução do índice de retrabalho utilizando como objeto de estudo uma indústria de processamento de óleo lubrificante.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analisar o processo produtivo, identificando as práticas de Manufatura Enxuta existentes;
- Identificar os gargalos da produção;
- Identificar as perdas e retrabalhos do processo produtivo;
- Propor melhorias no processo produtivo com base nos conceitos de ME.

1.3. JUSTIFICATIVA

Destaca-se a importância da ME nos mais variados segmentos industriais e em toda sua cadeia de fornecimento, de forma que sua aplicação e adequação são importantes para a redução ou absoluta eliminação dos desperdícios. Este sistema contempla mudanças nas práticas de gestão de qualidade e de operações com o objetivo de melhorar e gerenciar todos os processos de uma organização.

A ferramenta PDCA, foco do trabalho, corresponde a um conjunto de ferramentas utilizadas para alcançar a melhoria contínua e na padronização dessas melhorias para empresas que atuam com a cultura *Lean*. Composto das quatro fases que envolvem levantamento e análise de causas para o problema, elaboração e cumprimento de um plano de ação e, por fim, análise e padronização.

Sendo assim, entende-se que a análise da aplicação dessa ferramenta de ME em uma indústria de lubrificantes, seguimento empresarial objeto deste estudo, caracterizada por um elevado portfólio de produtos, poderá contribuir de forma significativa para a melhora da qualidade do processo e do produto e, também, na redução do desperdício com mão de obra, matéria-prima e, conseqüentemente, custo. Essas melhorias alcançadas com a implementação, nos seus diversos níveis, justificam o desenvolvimento deste trabalho.

Uma das atribuições do Engenheiro Químico é o controle de operações e processos, que é realizado através da aplicação do PDCA na empresa em que este exerce atividade profissional, a antiga Cosan Lubrificantes e Especialidades, atual MOOVE que atua no ramo de indústria química de produtos lubrificantes, situada no Rio de Janeiro – RJ.

1.4. DELIMITAÇÃO

Devido à grande quantidade de processos realizados pela indústria de lubrificantes, este trabalho limita-se ao processo de fabricação de óleos lubrificantes com ênfase no seu principal indicador, percentual de retrabalho (*reblend*). Além disso, o presente estudo delimita-se aos mais recorrentes casos relacionados às duas principais características do lubrificante, viscosidade e teor de metais. Não serão contemplados nesse estudo produtos de alto ou altíssimo índice de viscosidade, óleos especiais e processos automáticos de mistura em linha.

Além disso, a empresa permitiu o desenvolvimento desse trabalho bem como a divulgação de seus resultados desde que a integridade da marca fosse preservada bem como os segredos industriais. Por esse motivo não existem controle de documentos anexados a esse trabalho, citação de produtos específicos e imagens do processo.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. LEAN MANUFACTURING

O termo *Lean Manufacturing* foi inventado por Womack, Jones e Roos (1990) para descrever o *Toyota Production System* (TPS) no livro “*The Machine That Changed The World*”, que apresentou os resultados de um estudo de cinco anos sobre a indústria automotiva.

Após a Segunda Guerra, Ejji Toyota e Taiichi Ohno, da Toyota Japonesa, foram pioneiros no conceito da produção enxuta. A Toyota enfrentava desafios desanimadores em termos financeiros, tecnológicos e nas relações trabalhistas. Juntos identificaram que o sistema de produção em massa não funcionaria no Japão e criaram um novo modelo gerencial, o TPS. Taiichi Ohno, vice-presidente da Toyota aperfeiçoou seu sistema por trinta anos e fundou a *Operations Management Consulthing Division* (OMCD) para apoio do pensamento *Lean* nas fabricas e entre os fornecedores da Toyota. (PASCAL, 2008).

W. Edwards Deming também contribuiu para o processo de criação do modelo japonês de produção, quando visitou o país e dividiu com eles seus conhecimentos sobre controle de qualidade e as tarefas e responsabilidades da administração. Na filosofia de Deming, lucros reais são gerados por clientes fiéis, não apenas por clientes satisfeitos. Logo, a companhia que está sempre melhorando a qualidade de seus produtos ou serviços melhora a produtividade e obtém clientes fiéis. (AGUAYO, 2012)

Os princípios básicos do novo sistema diferenciam-se por duas características fundamentais para o processo: qualidade e flexibilidade, proporcionando um aumento na sua capacidade de produzir e competir no cenário internacional. Foi baseado em torno do desejo de produzir em fluxo contínuo e que não dependesse muito da produção e suas variações para ser eficiente; e também no foco direto ao cliente, onde o tempo total e esforço para processar

um produto de valor agregado (VA) fosse o objetivo principal do sistema produção em massa, utilizado na época.

Os objetivos de uma empresa *Lean* são muito simples: especificar corretamente o valor para cliente, identificar todas as ações necessárias para trazer um produto do conceito ao lançamento, remover quaisquer ações que não criem valor, fazer as ações que criam valor continuem em fluxo contínuo, puxado pelo cliente. (WOMACK e JONES, 2003).

O ponto de partida do pensamento *Lean* é o valor e este só pode ser definido pelo cliente final. Só é considerado significativo quando expresso em termos de um produto final que atende as necessidades do cliente a um preço específico em um momento específico. (WOMACK e JONES, 2003). “Produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida” (OHNO, 1997).

Após o primeiro livro, Womack e Jones (1996) descrevem como pode ser implementado o *Lean* em uma organização no livro “*Lean Thinking*”, a partir deste é possível compreender que os princípios do *Lean*, são:

- A identificação do valor;
- A eliminação dos desperdícios;
- A geração de fluxo de valor para o cliente.

Com a mudança de comportamento das empresas para o pensamento *Lean*, estas organizações começam a especificar com precisão o valor, fazer etapas de criação de valor fluir continuamente e permite que clientes identifiquem o valor da empresa. Com isso, identifica-se um processo contínuo para a redução de esforço, tempo, espaço, custos e erros ao fornecer um produto cada vez mais próximo do que o cliente deseja. (WOMACK e JONES, 2003).

2.2. MELHORIA CONTÍNUA

A essência do pensamento *Lean* está no envolvimento das pessoas do meio em que atuam. *Kaizen*, que é uma palavra japonesa que significa melhoria, proporciona aos funcionários uma plataforma para libertar a sua criatividade e expressar suas opiniões. Na década de 1950, Dr. J. Edward Deming, que foi um dos pioneiros em melhoria contínua, desenvolveu o Ciclo Deming, que é uma forma prática, simples e eficaz utilizada para realizar a melhoria contínua no local de trabalho.

De acordo com WOMACK e JONES (2003), a chave e parte principal para o desenvolvimento e construção saudável do pensamento *Lean* é *Kaizen*: uma filosofia orientada para o processo que se concentra em melhorias incrementais e a padronização do sistema, que é melhorado como uma construção participativa e possui ciclos que perseguem sempre melhorar. Filosofia *Kaizen* tem dois objetivos principais: desenvolver uma cultura de resolução de problemas, com foco na análise e resolução de problemas com o pensamento científico e estruturado e envolvimento das pessoas.

O *Kaizen* é um sistema que requer a participação de todos os funcionários, dos trabalhadores de chão de fábrica à alta gerência e até ao CEO das empresas. No mundo atual, o *Lean* juntamente com suas ferramentas tem sido aplicado em diferentes áreas como saúde, governo, finanças, software e várias outras indústrias. Além disso, percebe-se que há um interesse crescente na literatura em ligar o *Lean* para a sustentabilidade ambiental, comprovando a sua versatilidade e abrangência como ferramenta de melhoria incansável. Pode-se dizer ainda que seus limites de aplicabilidade estão na criatividade do ser humano.

2.3. A PRODUÇÃO ENXUTA E O DESPERDÍCIO

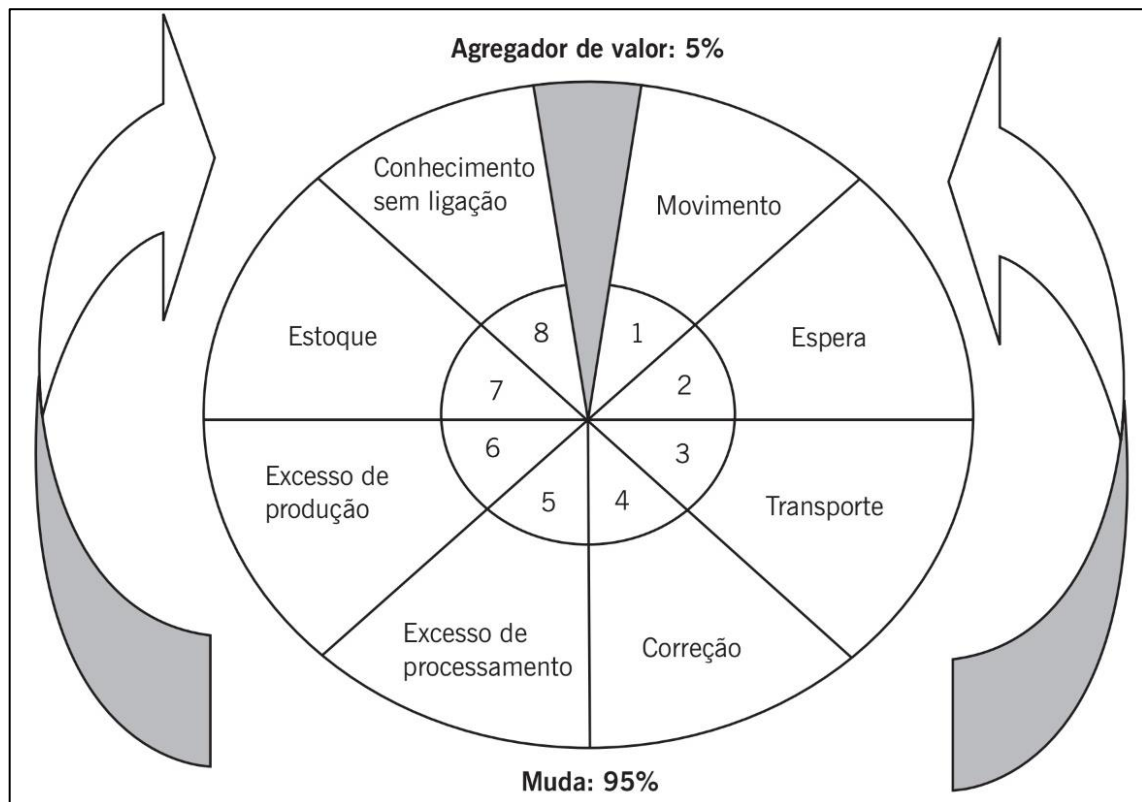
O termo japonês *Muda* é oposto de valor e significa desperdício, descreve especificamente qualquer atividade humana que consome recursos, sem geração de valor: erros que requerem reparo, produção de itens sem consumo para estocar e aumentar o inventário, etapas de processamentos que não são realmente necessárias, movimentações de funcionários e transporte de mercadorias de um lugar para outro sem qualquer finalidade, grupos de pessoas esperando para desempenhar sua função pois o processo anterior não foi entregue a tempo, e bens e serviços que não atendem às necessidades do cliente. (WOMACK e JONES, 2003).

Taiichi Ohno, executivo da Toyota, foi o primeiro a abordar esse conceito e identificou os grandes sete desperdícios descritos acima. Podem existir variações desses desperdícios, porém é difícil contestar que estão em todos os lugares de uma organização. A melhor forma de eliminar os desperdícios é através do pensamento enxuto: fornece uma maneira de especificar valor, alinhar ações de criação de valor na melhor sequência, realizá-las sem interrupção e de forma cada vez mais eficaz. A produção enxuta é sempre que basear na forma de produzir cada vez mais com cada vez menos esforço humano, menos

equipamentos, menos tempo e espaço, além de atender as necessidades do cliente. (WOMACK e JONES, 2003).

Com o descrito acima, entende-se que a eliminação dos desperdícios, também denominado perdas, resulta em um processo de Produção Enxuta. Atualmente, pode ser também considerado um oitavo desperdício, talento. A figura 1 exemplifica esses desperdícios e suas contribuições para o custo de um processo ou produto (DENNIS, 2008).

Figura 1 – Os tipos de tipos de perda



Fonte: DENNIS, p40, 2008

2.4. CICLO PDCA

Deming apresentou para a empresa japonesa, uma poderosa ferramenta, exposta pela primeira vez por Walter A. Shewhart, para controle de qualidade, denominada ciclo de melhoria contínua. Esse ciclo ficou conhecido pela sua sigla que é composta pelas suas quatro etapas: PDCA. A primeira etapa é planejar a mudança que se deseja melhorar. A segunda é realizar a mudança (teste inicial). A terceira etapa é observar os resultados. A quarta etapa é estudar os resultados para implementá-los ou melhorá-los. Esse ciclo, então,

pode ser repetido com frequência. A medida que a melhoria do processo é alcançada, o conhecimento sobre o processo melhora e, conseqüentemente, o produto melhora (AGUAYO, 2012).

O controle de um processo pode ser feito partindo ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Action*), composto das quatro fases básicas de controle: planejar, executar, verificar e atuar corretivamente. Esse pode ser utilizado para manutenção do nível de controle de um processo (manter) ou para melhorá-lo. (CAMPOS, 2014).

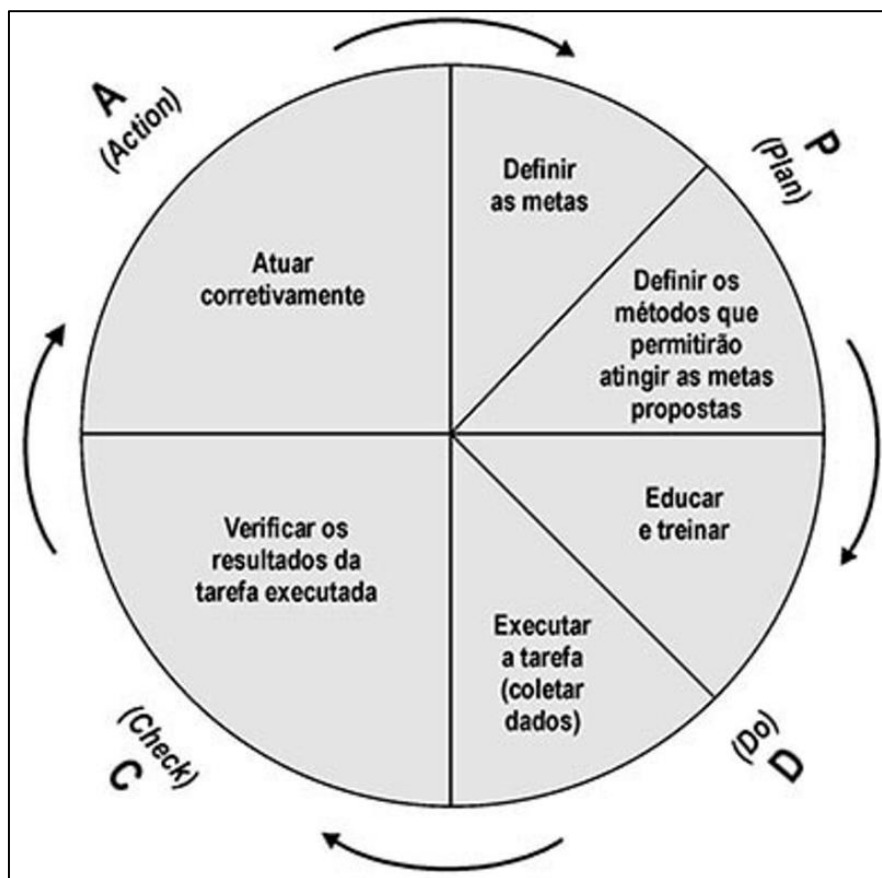
Todos os funcionários da empresa utilizam e contribuem para o PDCA, porem de formas diferentes. Segundo Campos (2014), os operadores normalmente contribuem intensamente para a manutenção pois trabalham essencialmente cumprindo os padrões. Tal fato não impede que eles participem da melhoria, basta os inserir nos ciclos de controle de qualidade. Já para os gerentes e CEO (*Chief Executive Officer*, diretor geral ou presidente da empresa) a maior contribuição está no ciclo de melhorias por estabelecerem novos níveis de controle que garantam a sobrevivência da empresa.

O caminho de sucesso para melhoria contínua do processo, desejado pelas organizações *Lean*, é atrelar os dois tipos de gerenciamento de processos na utilização dessa importante ferramenta. Quando se utiliza o PDCA para melhorias do processo, pode-se dizer também que é utilizado para resolução de problemas. Para que uma empresa seja competitiva é no mínimo necessário que seja solucionadora de problemas: estabelecadores de novas diretrizes de controle que garantam a sobrevivência da empresa.

Com base no conceito que está inserido, melhoria continua, o ciclo foi projetado para uso de forma dinâmica onde, ao fim do primeiro ciclo, serão analisados dados e podem ser revistas às metas dando origem a um novo ciclo para um novo processo de mudança com base no que foi aprendido com a aplicação do PDCA anterior (NASCIMENTO, 2011).

O método, demonstrado na figura 2 é peça fundamental para que o controle de qualidade possa ser exercido e deve ser de conhecimento de todos (CAMPOS, 2014).

Figura 2 - Ciclo PDCA



Fonte: CAMPOS, p66, 2014

2.4.1. Planejamento – Plan (P)

Conforme descrito, a primeira etapa do ciclo é a etapa de planejamento. Expressa ela letra P, do inglês *Plan*. (NASCIMENTO apud NEVES, 2007). Esta primeira etapa é considerada uma das mais importantes e requer maior tempo e dedicação. Nela será necessário conhecer o problema, definindo-o de forma clara para que a tratativa também seja. Uma vez definido, a meta será estabelecida, analisada e um plano de ação será elaborado.

O planejamento bem feito ocorre com o envolvimento de todas as pessoas que podem contribuir com o processo, desta forma torna-se mais fácil garantir a eficácia futura do ciclo e a resolução do problema.

Comparando o pensamento japonês sobre a metodologia PDCA com a cultura brasileira pode-se destacar que para eles a etapa *Plan* ocupa no ciclo o mesmo espaço que a soma das outras etapas, ou seja, planeja-se muito, executa rapidamente, verifica se as ações implementadas foram eficazes e age para melhorar ainda mais. Enquanto, no Brasil, normalmente questiona-se sobre porque planejar tanto, demora muito mais para executar,

realiza uma breve conferência se o processo está ocorrendo e por fim apagar incêndios e não tem tempo para pensar em mais nada. Dessa forma fica bem explícita a importância desse primeiro momento do ciclo (CAMPOS, 2014).

Segundo Campos (2014), nesta fase existem outras etapas, sendo subdividir em cinco delas, as quais são relacionadas a seguir:

- Identificação do problema;
- Estabelecimento da meta;
- Análise do fenômeno ou coleta de dados;
- Análise das causas ou análise de processo;
- Elaboração de um plano de ação.

2.4.1.1. Identificação do Problema

O primeiro passo é a definição do problema. Precisa ser definida de forma clara, objetiva e precisa, caso contrário a análise de causa-raiz será fraca, logo não será tratada a verdadeira causa-raiz e com o tempo o problema retorna. Nessa etapa utiliza-se a máxima: “um problema bem definido é um problema meio resolvido”. (CAMPOS, 2014).

Segundo Campos (2014), a definição de problema pode ser descrita como o resultado indesejado de um processo. Uma forma de identificar o problema está relacionada ao processo de melhoria, como no objetivo de estudo desse trabalho, onde a empresa deseja melhorar o indicador de um determinado processo: índice de retrabalho na fabricação do lubrificante. (NASCIMENTO apud CAMPOS, 2004).

Com o problema bem definido, parte-se para a segunda parte da primeira etapa conhecida como o momento de quantificar o objetivo, estabelecimento da meta.

2.4.1.2. Estabelecimento da Meta

A meta para aplicação da ferramenta precisa ser definida em função do problema e das características do processo que se deseja melhorar. Faz-se necessário conhecer bem o processo para elaborar as metas baseadas no histórico do processo em questão. (NASCIMENTO apud CAMPOS, 2004).

Para padronizar o estabelecimento das metas utiliza-se do conceito “SMART”, do inglês, *Specific* (especificar), *Measurable* (mensurar), *Attainable* (atingível), *Relevant* (relevante), *Time-Bound* (temporizável). Aplicar esse conceito evita a definição de metas incoerentes que podem prejudicar o processo de solução do problema.

“Se você não sabe aonde quer ir, qualquer caminho serve.”, disse Lewis Carroll. Dessa forma, todas as pessoas envolvidas com o processo precisam conhecer a meta para que possam contribuir para seu cumprimento uma vez que está foi estabelecida para ser específica, mensurável, atingível, relevante de acordo com o tempo necessário disponível.

2.4.1.3. Análise do Fenômeno ou Coleta de Dados

Pode-se dizer que 80% do problema é entendê-lo. Por isso, não há preocupação com o tempo gasto nesse item, quanto mais estratificado tiver o problema, mais fácil será de resolvê-lo.

Consiste basicamente no levantamento detalhado dos dados relativos ao problema e ao processo bem como sua completa compreensão. Por isso, precisa ocorrer em campo, no local da ocorrência, para validar a coleta de dados prerrealizada nos sistemas e levantar novos dados que validarão ou não as teses levantadas a partir do histórico. (NASCIMENTO apud MELO, 2001).

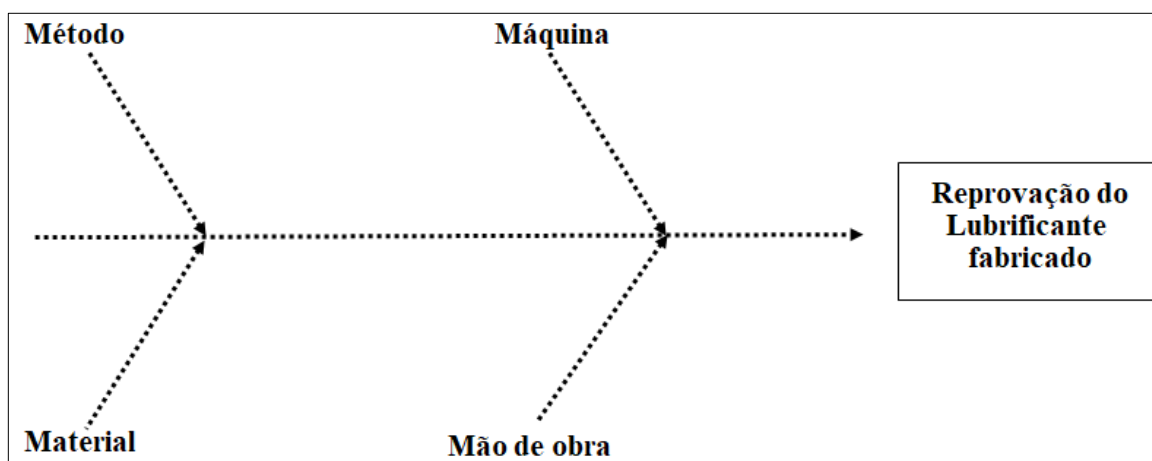
Análise dos dados obtidos pode ser feita com a utilização de diversas ferramentas de suporte para auxiliar na interpretação e direcionar o caminho da resolução do problema. Uma delas é a estratificação que consiste em agrupar os dados relativos ao problema, pode ser feito de diversas maneiras e possibilita uma melhor avaliação da situação. Dessa forma permite a percepção dos maiores e principais problemas. (NASCIMENTO apud MELO, 2001).

2.4.1.4. Análise das Causas – Análise de Processo

Segundo CAMPOS (2014) o primeiro passo para o controle de um processo e aplicação da ferramenta PDCA é a compreensão da relação causa-efeito. Os japoneses criaram o diagrama de causa e efeito buscando evidenciar a importância de não confundir os dois termos.

Esse digrama origina-se a partir de uma ferramenta chamada de diagrama de espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa. A ferramenta foi criada com o intuito de analisar as causas primárias de um determinado problema através do método do 4 M's: Matéria Prima, Mão-de-obra, Método e Máquina, e seus variantes. (SOUZA, 2020)

Figura 3 - Diagrama de *Ishikawa* ou espinha de peixe



Fonte: Elaborado pela autora

Métodos: São inseridas as causas relacionadas às práticas e procedimentos utilizados para executar a tarefa, relaciona-se a alguns problemas que podem ocorrer devido a metodologia aplicada estar de forma incorreta, com isso, avalia-se o quanto a forma de trabalho influencia no problema.

Material ou Matéria-prima: são adicionadas causas que envolvam o material utilizado no processo, em geral, os problemas surgem devido à não conformidade técnica ou pela qualidade exigida para realização do trabalho. Com isso, a avaliação é se o material utilizado pode ter influenciado a fabricação, se o material tinha boa qualidade etc.

Mão de obra: constam as causas que envolveram atitudes e dificuldades por parte do colaborador como, por exemplo: procedimento inadequado, pressa, imprudência, ato inseguro, desleixo, falta de qualificação, dentre outros.

Máquinas: estão as causas que envolvem qualquer aspecto relacionado ao maquinário do processo. Esses problemas por falha nas máquinas ocorrer com certa frequência e podem ser causados devido falta de manutenção regular ou mesmo se for operacionalizada de forma inadequada. O levantamento aborda se houve problemas com máquinas e equipamentos em geral.

Para definir a causa-raiz do problema e obter o diagrama de causa e efeito é aplicada uma segunda ferramenta ao diagrama de Ishikawa: Técnica dos Cinco Porquês. Esta técnica foi desenvolvida por Taiichi Ohno e consiste na repetição da pergunta “Por quê?” em função de um problema que está sendo analisado até que se chegue à causa-raiz. O primeiro “por quê” será mais superficial e a medida que continua o questionamento chega-se mais próximo a causa elementar do problema. (SOUZA, 2020).

Além dessas muitas outras ferramentas podem ser utilizadas para o levantamento da análise de causas como o *Brainstorming*. Sua tradução corresponde a chuva de ideias, sendo assim é utilizada para encontrar soluções de forma participativa, dinâmica, coletiva e criativa. Ótima para fomentar a participação de toda a equipe, principalmente os operadores.

2.4.1.5. Elaboração de um Plano de Ação

Essa ferramenta é utilizada para estabelecer com clareza onde se quer chegar com o controle. Nela são propostas ações ou contramedidas contra cada causa importantes esse fato é o plano em si. Pode ser descrito também como um plano para bloquear as causas fundamentais de cada problema que contribuem para o problema estudado. (CAMPOS, 2014)

No primeiro momento ocorre a elaboração da estratégia de ação através de discussões com o grupo que participa do processo a ser melhorado. É importante garantir que todas as ações serão tomadas sobre as causas-raiz e não sobre os efeitos. O objetivo é sempre propor a melhor ação, com análise de custo, eficácia e minimização de efeitos colaterais. A partir disso é realizada efetivamente a elaboração do plano de ação baseado no sistema “5W1H” disposto na forma de quadro (CAMPOS, 2013)

- *What* (O que) – define o que será executado, explicando da ação que será tomada de forma sucinta;
- *When* (Quando) – define o prazo de execução da ação estipulando início e fim;
- *Who* (Quem) – define o responsável pela ação, esse responsável acompanha o andamento da ação e não necessariamente é o executor.
- *Where* (Onde) – define onde será executada a ação, podendo ser um local físico especificado, como um setor da organização;
- *Why* (Por que) – define a justificativa para a ação em questão, trazendo a finalidade imediata da ação a ser tomada;

- *How* (COMO) – define o detalhamento de como será executada a ação sendo um complemento do primeiro campo, *WHAT*.

2.4.2. Execução ou Implementação – *Do* (D)

A segunda etapa do ciclo, etapa de execução, do inglês *Do*, pode ser resumida na execução das ações exatamente elencadas no plano de ação e posterior coleta de dados para verificação do processo na etapa seguinte. Para que o plano de ação seja eficaz faz-se necessário o treinamento dos trabalhadores envolvidos no processo nas mudanças implementadas, tornando-as parte do procedimento padrão de operação (CAMPOS, 2014).

Conforme descrito pode-se subdividir em duas etapas, etapa de treinamento onde há a divulgação do plano de ação, reuniões participativas com os operadores, e treinamento nas técnicas necessárias. Importante destacar a necessidade de clareza na apresentação das tarefas e na razão delas para que a equipe veja valor e adote-as de forma espontânea. Na segunda parte realiza-se basicamente a execução do plano e o acompanhamento do cronograma, além do levantamento da análise dos resultados obtidos. (CAMPOS, 2014)

2.4.3. Verificação – *Check* (C)

Dando sequência ao ciclo, na etapa *Check*, como o próprio nome já submete ocorre a comparação dos resultados alcançados, coletados na etapa anterior (*Do*), com a meta estabelecida na primeira etapa (*Plan*).

Para esta etapa CAMPOS (2014) sugere o seguinte fluxo:

- Comparação dos resultados – utilizar os dados antes e depois das ações. Dessa forma é possível verificar as suas efetividades e o grau de melhoria de processo (redução do desperdício).
- Listagem dos efeitos secundários – validar se ações executadas provocaram algum efeito secundário, podendo ser de natureza positiva (agregando mais valor) ou negativa (necessitando de tratamento do caso).

- Verificação da resolução do problema – resultados satisfatórios são validados o cumprimento de todas as ações planejadas. Resultados consistentes precisaram ser revistos, pois indicam que a solução proposta no plano falhou.

Ao final dessa etapa tem-se um marco importante, a decisão de seguir para o último elemento do ciclo e consolidá-lo ou retornar para a primeira etapa fazendo novamente a observação do problema para corrigir a rota toda. Tal caminho é determinado pela eficácia da ação tomada, se for eficaz segue o ciclo, caso contrário retorna-se dando um novo início.

2.4.4. Atuação – Action (A)

Avaliando o ciclo de forma simplificada, desconsiderando sua continuidade, pode-se considerar que esta é a última etapa, também chamada de ação corretiva. Em termos de melhoria contínua, considera-se que esta etapa dá início a um novo ciclo, sendo possível propor novas metas e todo o caminho percorrido recomeça. (CAMPOS, 2014).

Esta etapa, assim como as demais, também pode ser subdividida. Pode estar tudo normal, então se promove a padronização ou ocorrer alguma anomalia propondo ações corretivas para conclusão (CAMPOS, 2014).

- Padronização – Ocorre inicialmente a elaboração ou alteração do plano padrão incorporando o novo modelo operacional de forma esclarecida e de forma que garanta a eliminação do problema. Posteriormente ocorre uma comunicação a equipe estabelecendo o momento de início do novo modelo, conseqüentemente para que isso ocorra promove-se o treinamento dos funcionários a nova prática incorporando a cultura de ME. Por fim é realizado o acompanhamento da utilização do padrão.
- Conclusão – Primeiramente é elaborada uma relação dos problemas remanescentes a partir da análise dos resultados e demonstrações gráficas. Em seguida, é realizado o planejamento de correção aos problemas remanescentes aplicando o PDCA como método de solução de problemas. Por fim, realiza-se um levantamento de lições aprendidas permitindo uma reflexão cuidadosa sobre as próprias atividades da solução de problemas.

2.5. ÓLEOS LUBRIFICANTES

A principal função de um óleo lubrificante é promover a redução do atrito e do desgaste entre superfícies metálicas ou plásticas que se movem uma contra a outra. Resultantes do processo de atrito: o desgaste e o calor não podem ser completamente eliminados, então são reduzidos a níveis insignificantes ou aceitáveis pela diminuição do coeficiente de fricção entre as superfícies em contato. Isso só é possível, pois ao usar o lubrificante substitui-se o atrito direto entre as superfícies pelo atrito fluido. (CARRETEIRO, 2006)

Além disso, a lubrificação é usada também para reduzir a oxidação e impedir a formação de ferrugem; para fornecer isolamento em transformadores; para transmitir força mecânica em máquinas hidráulicas; e na selagem contra poeira, sujeira e água.

2.6. BASES LUBRIFICANTES

As bases lubrificantes, também denominadas óleos básicos, são as principais constituintes dos lubrificantes. Eles são combinados com aditivos que lhes conferem propriedades físicas ou químicas adicionais.

Segundo Carreteiro (2006), as bases lubrificantes são essencialmente obtidas do refino do petróleo cru, os chamados óleos básicos minerais e da síntese de compostos relativamente puros com propriedades adequadas para o uso como lubrificantes, chamadas bases sintéticas.

2.6.1. Óleos Básicos Minerais

Os óleos minerais são os mais comuns para o emprego em lubrificação. Esse tipo de óleo básico é obtido do petróleo e, conseqüentemente, suas propriedades relacionam-se à natureza do óleo cru de origem e ao processo de refino empregado. O petróleo é constituído, fundamentalmente, de carbono (C) e hidrogênio (H), na forma de hidrocarbonetos.

Estes estão dispostos de diversas formas. Portanto, usualmente, o petróleo vem a ser uma mistura de centenas de hidrocarbonetos líquidos, com vários hidrocarbonetos sólidos e gasosos dissolvidos.

Cada série de hidrocarbonetos diferentes é caracterizada pela sua própria relação numérica entre átomos de carbono e hidrogênio. Os compostos da série parafínica (alcanos) apresentam a relação C_nH_{2n+2} ; os compostos da série naftênica (cicloparafinas) são caracterizados por C_nH_{2n} ; as olefinas são representadas por C_nH_{2n-6} ; por fim, os aromáticos apresentam-se como C_nH_{2n-6} .

Seguindo o conceito de Carreteiro (2006), os petróleos de base parafínica praticamente não contêm asfalto. Já os petróleos de base asfáltica, constituídos essencialmente por hidrocarbonetos naftênicos, não apresentam parafina. Os petróleos classificados como base mista apresentam, concomitantemente, proporções razoáveis de asfalto e parafina, sendo constituídos por hidrocarbonetos parafínicos, naftênicos e aromáticos.

Na etapa de produção das bases lubrificantes, inicialmente, o petróleo é submetido à destilação primária inicial ou topeamento (*topping*), onde ocorre a remoção das frações mais leves. Posteriormente, ocorre o processo de destilação a vácuo separando-se as diversas frações.

Essa fração de óleos lubrificantes é submetida a tratamentos posteriores, como a remoção de parafina, remoção do asfalto, refinação ácida, refinação por solventes. E, por fim, ao que pode ser chamado de acabamento, são os processos voltados para a remoção física e química de impurezas, conferindo as características necessárias ao produto acabado. A hidrodesulfurização, a lavagem cáustica, o tratamento com argila, etc, são exemplos desses processos. (CARRETEIRO, 2006)

Dessa forma, pode-se dizer que os processos de refino são realizados para conferir qualidades específicas aos óleos básicos, visando às propriedades físicas e químicas fundamentais necessárias a um óleo lubrificante acabado. Abaixo estão descritos esses processos.

- Extração de aromáticos com solvente, tem como objetivo a elevação do Índice de Viscosidade (IV) e a melhoria da estabilidade à Oxidação.
- Desparafinação com solvente ocasiona a redução do ponto de fluidez, melhorando as características de escoamento a baixas temperaturas.
- Hidroacabamento atua na redução ou remoção de compostos de Enxofre, Nitrogênio e oxigênio, o que melhora a estabilidade à oxidação e torna o produto final mais claro.

Contudo, os óleos aromáticos não são adequados com a finalidade de lubrificação. Dessa forma, a classificação dos óleos lubrificantes, de acordo com sua origem, pode ser naftênicos e parafínicos.

Esses dois tipos de óleos apresentam propriedades específicas que indicam ou não sua aplicação. Portanto não se pode comparar um tipo com o outro para testar sua qualidade sem determinar sua finalidade de uso. No quadro abaixo constam as principais características normais desses óleos.

Quadro 1 - Características dos óleos parafínicos e naftênicos

Características	Parafínicos	Naftênicos
Ponto de fluidez	Alto	Baixo
Índice de Viscosidade (IV)	Alto	Baixo
Resistencia à Oxidação	Grande	Pequena
Oleosidade	Pequena	Grande
Resíduo de carbono	Grande	Pequeno
Emulsibilidade	Pequena	Grande

Fonte: Adaptada de CARRETEIRO (2006, p.22)

2.6.2. Bases Sintéticas

Surgiram a partir das necessidades industriais e, especialmente militares, lubrificantes com propriedades que suportassem as mais adversas condições possíveis. Os produtos sintéticos, obtidos por síntese química, são mais sofisticados e específicos. Seu uso foi viabilizado por alguns fatores como novos projetos de equipamentos (menores e mais severos); novos conceitos de manutenção (tempo de funcionamento ininterrupto e a vida útil do equipamento e do lubrificante tornam-se importantes); o aumento dos custos operacionais de inatividade e de mão de obra e a necessidade de aumento de produção com o mesmo projeto de máquina.

A utilização de óleos sintéticos sempre demanda uma análise de custo/benefício, pois comparado com os óleos minerais apresenta custo bem mais elevado versus algumas vantagens técnicas como alta resistência a temperaturas extremas e suas variações, melhor resistência à oxidação, estabilidade química, maior vida útil com consequente redução do descarte de óleo usado.

Os principais óleos sintéticos em uso atualmente podem ser classificados nos grupos Oleogômeros de Oleofina (PAO's ou Polialfaoleofinas); Ésteres de Ácidos Dibásicos; Ésteres de Organofosfatos; Ésteres de Silicatos; Silicones; Compostos de Ésteres de Polil (POE ou

Poliol éster); Polibutenos ou Poliisobutenos; Poliglicóis (Polialquilenoglicóis ou PAG); Alquilados Aromáticos. (CARRETEIRO, 2006).

2.6.3. Óleos Básicos Não Convencionais

Seguindo o conceito de Carreteiro (2006), são os óleos obtidos por processos de refino especiais de derivados de petróleo ou pela utilização de síntese a partir do gás natural.

Um exemplo desses são os óleos de Alto ou Altíssimo Índice de Viscosidade, também podem ser chamados de HVI ou VHVI do inglês *High* ou *Very High Viscosity Index*. São fabricados utilizando básicos refinados de petróleo que possuem seu índice de viscosidade significativamente aumentado com tratamento severo com hidrogênio, aumentam significativamente seu índice de viscosidade. Tem como principal propriedade uma excelente estabilidade à oxidação, produto final livre de compostos aromáticos, além de elevado índice de viscosidade. (CARRETEIRO, 2006)

2.7. CLASSIFICAÇÃO DOS ÓLEOS BÁSICOS

Com a finalidade de padronizar as especificações de óleos básicos e atendendo às necessidades de qualidade da indústria automobilística o API (*American Petroleum Institute*) nos Estados Unidos e a ATIEL (*Association Technique de L'Industrie Européenne des Lubrifiants*) foi adotado um sistema de classificação para todas as refinarias existentes no mundo. Esse tomou como parâmetros principais os seguintes itens: Teor de Enxofre, Teor de Saturados e Índice de Viscosidade.

Atendendo uma demanda de mercado, e por questões comerciais, algumas refinarias realizaram melhorias nos processos de refino obtendo um aumento no Índice de Viscosidade dos produtos porém sem alterar os teores de enxofre e de saturados, o que os enquadraria ainda nos mesmos grupos. Com isso foram criadas algumas categorias não convencionais (*plus*), muito aceitas pelo mercado. (CARRETEIRO, 2006)

- GRUPO I: Teor de Enxofre maior que 0,03 %, Teor de saturados menor que 90 % e o índice de Viscosidade situado entre 80 e 120.
- GRUPO I+ (*plus*): alto teor de enxofre e baixo teor de saturados, mas, com condições de processo ajustadas para um IV mais elevado, variando entre 100 e 105.

- GRUPO II: Recebem tratamento com hidrogênio obtendo um produto com teor de enxofre menor que 0,03 % e o teor de saturados maior que 90 %, mas não há alteração no índice de Viscosidade que continua entre 80 e 120.
- GRUPO II+ (*plus*): ajustando algumas condições de processo, algumas refinarias, conseguem fazer um grupo II com IV na faixa de 100 a 120.
- GRUPO III: com um tratamento mais severo com hidrogênio e um processo de isomerização, o IV é elevado acima de 120, continuando o teor de Enxofre abaixo de 0,03 % e o teor de saturados acima de 90 %.
- GRUPO III+ (*plus*): IV acima de 140. Tem gás natural com fonte, é chamado de tecnologia *Gas To Liquid* ou simplesmente GLT.
- GRUPO IV: todas as Polialfaoleofinas (PAO`s)
- GRUPO V: óleos sintéticos que não estão enquadrados nos outros grupos, como ésteres, poliglicóis etc.
- GRUPO VI: classificação criada exclusivamente para abrigar um tipo de oligômero de olefina fabricado na Europa, chamado Polinternalolefina (PIO`s), a fim de simplificar os processos de aprovação.

2.8. CARACTERÍSTICAS DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES

A qualidade de um lubrificante só pode ser comprovada realizando uma avaliação de desempenho após a sua aplicação. Este desempenho está ligado à composição química do lubrificante, resultante do petróleo bruto, do refino dos aditivos e do balanceamento da formulação. Essa combinação fornece aos lubrificantes certas características físicas e químicas que permitem um controle da uniformidade e nível de qualidade. Para analisar as essas características faz-se necessário o conhecimento de alguns conceitos.

O primeiro é análise típica, denominado o conjunto de valores que representam a média das medidas de cada característica. Um ponto importante dentro desse conceito é o fato da amostra de uma determinada fabricação dificilmente apresentar resultados iguais aos da análise típica, encontrando-se, entretanto, dentro de uma faixa de tolerância aceitável. Com isso tem-se o segundo conceito, especificação, nome dado ao conjunto de faixas de tolerância e limites de enquadramento de cada fabricação. As especificações não são garantia de bom desempenho do lubrificante, pois somente a aplicação demonstra a performance. Por fim, o

último conceito é o de ensaios laboratoriais, que simulam condições de aplicação do lubrificante sem garantir um bom desempenho no serviço. (CARRETEIRO, 2006)

Existem dezessete características utilizadas para análise de qualidade e desempenho de um lubrificante. Para os óleos lubrificantes comuns considera-se a viscosidade como a principal. Além desta e de outras correlacionadas, também será apresentado de forma mais detalhada o teor de metais em decorrência da abrangência do trabalho. As características gerais são:

- Viscosidade;
- Índice de Viscosidade (IV);
- Grau API;
- Ponto de fluidez;
- Ponto de fulgor;
- Resíduo de carbono;
- Cor;
- Cinzas;
- Número de precipitação;
- Número de neutralização;
- Número de saponificação;
- Número de emulsão;
- Ponto de anilina;
- Corrosão;
- Insolúveis;
- TAN (*Total Acidity Number*) e TBN (*Total Base Number*);
- Análise espectrográfica (teor de metais).

2.8.1. Viscosidade

A viscosidade, como descrito anteriormente, é a principal característica do lubrificante, pois está atrelada a sua principal função. A norma ASTM D 445 é a norma utilizada para as análises do processo estudado no laboratório de controle de qualidade da MOOVE.

Essa característica do óleo tem importância fundamental na lubrificação hidrodinâmica. Para muitos é considerada a característica mais importante nas principais aplicações. Essa propriedade que determina o valor da resistência do fluido ao cisalhamento devido, primariamente, à interação entre as moléculas do fluido (CARRETEIRO, 2006).

De acordo com a ASTM (*American Society for Testing and Materials*), tem-se as seguintes definições:

- Viscosidade Absoluta (dinâmica) de um líquido newtoniano – é a força tangencial sobre a área unitária de dois planos paralelos separados de uma distância unitária quando o espaço é preenchido com um líquido e um dos planos move-se em relação ao outro com velocidade unitária no seu próprio plano. A viscosidade dinâmica ou absoluta μ é geralmente reportada pela unidade poise (P) que tem as dimensões gramas por centímetro por segundo ou centipoise (cP) que é igual a 0,01 P. No sistema SI, utiliza-se o Segundo-Pascal (Pa-s) que corresponde a 10 P.
- Viscosidade Cinemática de um líquido newtoniano – é o quociente da viscosidade dinâmica ou absoluta dividida pela densidade, μ/d , ambos à mesma temperatura. A unidade da viscosidade cinemática ν mais utilizada, é o Stoke, que tem as dimensões centímetros quadrados por segundo. É prática comum na indústria do petróleo exprimir a viscosidade cinemática em centistokes, (cSt). Um stoke equivale a 100 cSt. No SI temos o milímetro quadrado/segundo (mm^2/s). $1 \text{ mm}^2/\text{s} = 1 \text{ cSt}$.
- Líquido newtoniano (simples) – é aquele no qual o grau de cisalhamento (*rate of shear*) é proporcional à tensão de cisalhamento (*shearing stress*).
- Densidade – d , é o peso no vácuo (massa) do volume unitário de material na temperatura estabelecida.
- Escoamento Newtoniano – é caracterizado pelo líquido no qual o grau de cisalhamento (*rate of shear*) é proporcional à tensão de cisalhamento (*shearing stress*). A razão constante de cisalhamento para o grau de cisalhamento é a viscosidade do líquido.

A viscosidade cinemática é função apenas do comprimento e tempo (grandezas cinemáticas). Entretanto, para fins práticos, a viscosidade dos óleos lubrificantes é expressa em tempo (segundos) de escoamento através de tubos capilares.

Popularmente, a viscosidade é o “corpo” do lubrificante. Um óleo viscoso ou de grande viscosidade é “grosso” e flui com dificuldade. Um óleo de pouca viscosidade é “fino”

e escorre facilmente. Pode-se dizer que a viscosidade de um óleo é inversamente proporcional à sua fluidez. Outras definições para viscosidade de um óleo seriam a sua resistência a fluir, o seu atrito ou a sua resistência ao escoamento (CARRETEIRO, 2006).

Na aplicação em motores, a viscosidade é considerada a característica mais importante podendo ser justificada por motivos opostos. O primeiro está relacionado ao momento da partida do motor no qual apresenta baixa temperatura, denominado temperatura a frio, um óleo de maior viscosidade não realizaria a correta lubrificação, uma vez que chegaria de forma mais lenta em todas as partes do motor, aumentando o atrito das partes móveis e, conseqüentemente, o seu desgaste. O segundo, de maneira oposta porém análoga, está relacionado ao momento em que um motor está em alta temperatura, um óleo de baixa viscosidade, provocaria queda na pressão de óleo e vazamento para a câmara de combustão, entre outras situações.

2.8.2. Índice de Viscosidade

É o método mais usual para expressar a relação da viscosidade com a temperatura, devido a Dean e Davis e baseado em uma escala empírica. Os padrões são duas séries de óleos: uma obtida de um cru da Pensilvânia que foi arbitrariamente considerada como IV = 100 e outra proveniente de um cru da Costa do Golfo do México, a qual foi arbitrado IV = 0.

O IV (em inglês VI, *viscosity index*) de um óleo de uma dada viscosidade a 100 °C é calculado partindo-se de sua viscosidade a 40 °C e das viscosidades a 40 °C dos padrões, tendo uma viscosidade a 100 °C igual a do óleo cujo IV queremos determinar. Figura 3 exemplifica o método de cálculo.

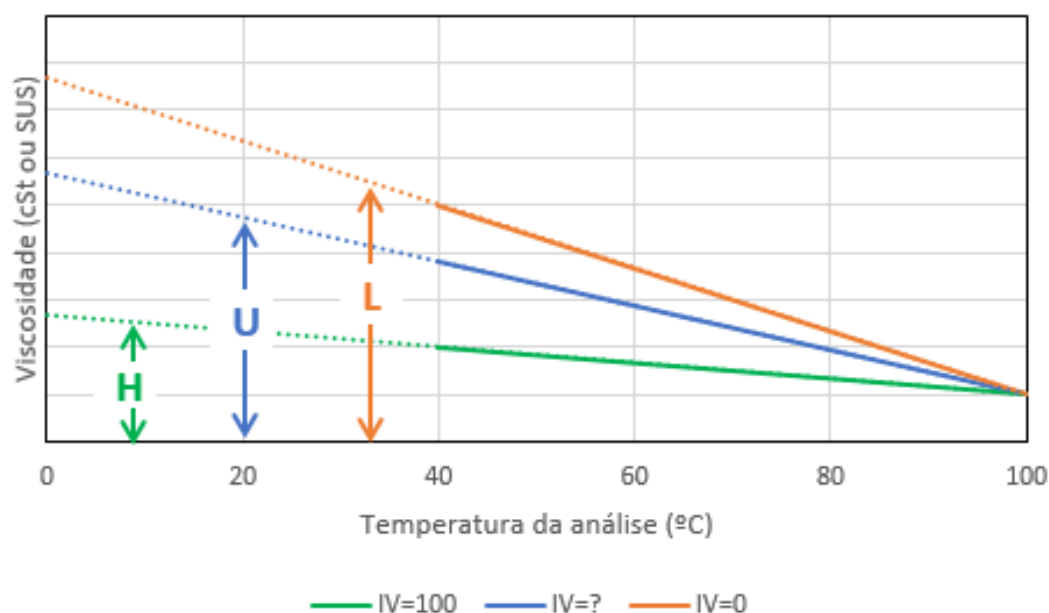
$$IV = \frac{L - U}{L - H} \times 100$$

L = viscosidade a 40 °C de um óleo de índice de viscosidade 0, tendo a mesma viscosidade a 100°C do óleo em estudo;

H = viscosidade a 40 °C de um óleo de índice de viscosidade 100, tendo a mesma viscosidade a 100 °C do óleo em estudo;

V = viscosidade a 40 °C do óleo em estudo.

Figura 4 - Gráfico do índice de viscosidade



Fonte: Adaptada de CARRETEIRO (2006, p.50)

No manual ASTM existem tabelas para determinação do IV de Dean e Davis partindo-se da viscosidade cinemática ou da viscosidade Saybolt a 40 °C e a 100 °C (ASTM D-2270).

O Índice de Viscosidade é uma característica, principalmente, usada para identificar a natureza de óleos minerais puros:

Quadro 2 - Características correspondentes às faixas de Índice de Viscosidade

Faixas de IV	Características
Abaixo de 0	Óleos de processamento de borracha com componentes aromáticos e naftênicos
Entre 0 e 40	Baixo IV – Óleos minerais de base naftênicos predominante
Entre 40 e 80	Médio IV – Óleos de base mista ou base naftênicos que tenham recebido Tratamento
Entre 80 e 120	Alto IV – Óleos de base maioritariamente parafínicos
Acima de 120	Muito alto IV – Óleos hidratados ou de base sintética

Fonte: Adaptada de CARRETEIRO (2006, p.51)

O Índice de Viscosidade Dean e Davis é de uso corrente nos Estados Unidos e também no Brasil. No entanto, segundo Carreteiro (2006) apresenta algumas deficiências:

- É baseado em padrões arbitrários;

- Não é uma propriedade aditiva, com isso, não permite, por simples operações aritméticas, determinar o valor de uma mistura, conhecidos os valores dos componentes;
- Para valores muito elevados, o IV torna-se falho, dois óleos do mesmo IV e viscosidades igual a 40 °C podem ter viscosidades diferentes a 100 °C;
- O IV não pode ser definido para viscosidades a 100 °C com valores abaixo de 2 cSt.

2.8.3. Teor de Metais

A norma ASTM D 4951, utilizada para análise do processo estudado, descreve a determinação de Ba, B, Ca, Cu, Mg, Mo, P, S e Zn em óleos lubrificantes novos e em aditivos por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). Para obter uma boa precisão é recomendada a diluição dentre 1 a 5 % (m/m) de óleo lubrificante para o solvente, sendo utilizados como solventes xileno, o-xileno, querosene ou quaisquer combinações desses solventes. Também é necessária a utilização de um padrão interno para minimizar efeitos de matriz. O limite de detecção é dependente da sensibilidade do instrumento e do fator de diluição. Na empresa em questão utiliza-se como solvente o querosene e como padrão interno o Cobalto (Co).

Além da norma descrita acima, utiliza-se também a ASTM D 5185 para os produtos com menor teor de metal que necessitam de mais sensibilidade para sua detecção. Esta norma descreve a determinação de diversos elementos em aditivos, metais de desgaste e contaminantes em óleos lubrificantes usados por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), pelo método da curva analítica e com a diluição das amostras quando necessário o ajuste da concentração do analito. Este método de ensaio abrange também a determinação de elementos químicos em óleos rerrefinados e óleos básicos.

2.9. ADITIVOS EM LUBRIFICANTES

Algumas características dos lubrificantes, como a volatilidade do óleo nas condições de operação, dependem exclusivamente da base lubrificante escolhida e não podem ser modificadas com a adição de outras substâncias. Entretanto, muitas outras propriedades são

melhoradas e até introduzidas ou mesmo suprimidas à base escolhida através do processo de aditivação, que consiste na adição de aditivos aos óleos lubrificantes bases. (CARRETEIRO, 2006).

Os aditivos são compostos químicos adicionados aos óleos básicos para originar o lubrificante com desempenho desejado para determinada aplicação. Possuem a função de reforçar algumas das qualidades dos óleos básicos, ceder novas ou eliminam propriedades indesejáveis a estes básicos. Os aditivos podem ser classificados em dois tipos de acordo com as características que conferem ao lubrificante: aqueles que modificam certas características físicas (ponto de fluidez, espuma e índice de viscosidade) ou aqueles cujo efeito final é de natureza química (inibidores de oxidação, detergentes agentes de Extrema Pressão e outros).

Existem inúmeros tipos de aditivos utilizados em diversas formulações lubrificantes para diferentes finalidades, como:

- Detergentes;
- Detergentes Alcalinos
- Dispersantes
- Antioxidantes
- Passivadores de Metais
- Agentes Antidesgaste
- Agentes de Extrema Pressão (EP)
- Abaixadores do Ponto de Fluidez
- Melhoradores de IV
- Anticorrosivos
- Antiferrugem
- Antiespumante
- Modificadores de Fricção
- Agentes de Abrasividade
- Emulsificantes
- Demulsificantes
- Biocidas
- Corantes
- Aromatizantes
- Antimanchas

- Agentes de Oleosidade

2.10. MISTURA – PROCESSO DE FABRICAÇÃO

O fator mais importante na tecnologia dos lubrificantes é a exigência da presença balanceada dos componentes químicos. A formulação de lubrificantes geralmente é composta por vários aditivos, atendendo a inúmeras características. No entanto, há casos, também, em que existe somente um aditivo para atender a uma única característica. (CARRETEIRO, 2006).

Podem ocorrer alguns problemas durante o processo de aditivação dos lubrificantes. Tal fato ocorre, pois, cada composto químico adicionado, para atender certa qualidade, pode reagir com outro já presente. Com isso, uma quantidade considerável de testes é realizada para obter a dosagem ideal de cada componente, sob o ponto de vista químico. Estes testes serão definidos pela aplicação, composição química de cada aditivo e natureza do básico utilizado e variam de acordo com cada lubrificante.

Esses aditivos quando combinados podem apresentar um efeito final maior que a soma das ações individuais, fenômeno este chamado de sinergismo. Já quando a combinação dos aditivos apresenta um efeito final menor, denomina-se antissinergismo. Esses mecanismos dependem das condições e influências sob as quais os aditivos são utilizados.

Os óleos básicos, devido às condições econômicas, não podem ser produzidos em todas as faixas de viscosidade. A solução encontrada para obter a viscosidade requerida para determinada produção de lubrificante é a mistura de um conjunto desses básicos existentes.

Os aditivos a serem utilizados são escolhidos e determinados de acordo com as características que proporcionam o desempenho desejado, a um custo menor. Para isso é necessária uma grande experiência, apoiada por um excelente laboratório de pesquisa e testes de campo.

O processo de fabricação dos óleos lubrificantes se dá através da mistura de óleos básicos com os aditivos, esta é processada em uma unidade indústria denominada Mistura ou *Blend*. O processo de mistura consiste em homogeneizar os componentes em um tachó, tanque ou misturador, através da agitação provocada pelo borbulhamento de ar pelo fundo do tachó ou mecânica.

Na maioria das vezes a produção de lubrificantes acontece em batelada. Após cada batelada, o produto obtido é analisado para verificar se foram atendidas as especificações.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

Nesse capítulo serão apresentados quais métodos foram utilizados para aplicação do Ciclo PDCA no tratamento do indicador de qualidade do setor de fabricação da operação da MOOVE, apresentando as análises gráficas do indicador e suas considerações, descrevendo em cada etapa do ciclo as atividades realizadas.

3.1 O PROCESSO MOOVE

3.1.1 Mistura

No processo estudado, a mistura é realizada em, aproximadamente 40 tanques sendo: 20 tanques variando entre 70 m³ até 700 m³, 16 tanques de 30 m³ e dois tanques de 5 m³. Cada fabricação de óleo lubrificante exige a criação de uma instrução de trabalho que contém os componentes que devem ser utilizados e suas respectivas quantidades de óleos básicos e aditivos.

Em geral, os óleos básicos estão dispostos em tanques de armazenamento e são os primeiros a serem adicionados aos tanques, deixando somente uma pequena quantidade da fórmula para serem enviados após os aditivos. Este fato se faz necessário devido a maior viscosidade dos aditivos, dessa forma o envio de parte do básico ao final garante que este arraste completamente os aditivos. Para a quantificação dos básicos e transferência para o tanque de fabricação utilizam-se tubulações de bombeio, mangotes/mangueiras flexíveis e *meters* (medidor de vazão).

Os aditivos, em geral são quantificados através da verificação de suas massas em um sistema denominado poço-balança. Somente aqueles, que são consumidos em elevada quantidade, são armazenados em tanques e quantificados através de *meter*. O poço-balança é um poço, abaixo do nível do piso da unidade de fabricação, que apresenta uma célula de carga capaz de pesar até, 2000,0 kg com variação de 0,5 kg para mais ou para menos.

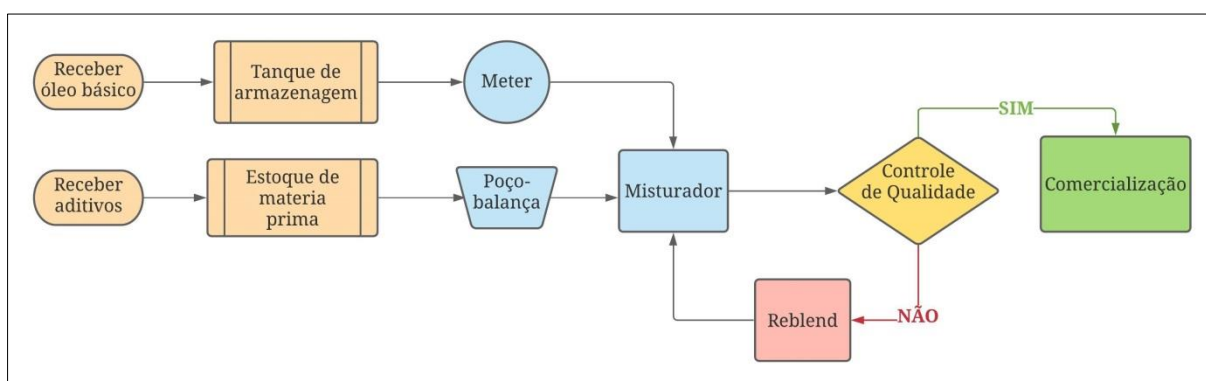
Todo o processo descrito ocorre manualmente e necessita de um operador para realizar os alinhamentos das conexões necessárias para bombeio dos básicos e aditivos, além de programar a quantidade necessária dos básicos no *meter* e despejar e observar manualmente a quantidade pesada de todos os aditivos. Além disso, no processo estudado, não existem linhas dedicadas a um determinado produto, básico e aditivo, fato abre margem para a possibilidade de pequenas contaminações por resíduo de linha.

Para finalizar o processo de fabricação a mistura passa por um processo de homogeneização, que pode durar de uma a duas horas, a depender da característica do tanque onde está sendo produzido.

Importante destacar que os produtos são separados em grupos de compatibilidade de acordo com sua semelhança de características e aplicação. Essa divisão é determinada pela EXXONMOBIL que também determina quanto um grupo é compatível com outro e como será o processo de limpeza quando houver mudança de produto no tanque. Por isso, existem seis poços-balança para uso nas fabricações de óleo de acordo com essas compatibilidades.

A figura 4 exemplifica o processo descrito de fabricação do lubrificante na empresa em questão.

Figura 5 - Fluxograma do processo de fabricação



Fonte: Elaborado pela autora

3.1.2 Controle de Qualidade

Terminado o processo de homogeneização, o produto final, lubrificante acabado, é destinado ao laboratório de controle de qualidade onde são realizados todos os testes necessários para aprovação do produto e liberação para a comercialização.

Quando este produto acabado não alcança a faixa de especificação de algum teste, é solicitada uma nova amostragem, que irá ocorrer somente após uma nova etapa de homogeneização. Adota-se essa medida para garantir que não houve falhas durante o processo de homogeneização.

Após a análise desta nova amostra, caso o produto atenda as especificações o lote pode ser considerado aprovado (resultados dentro da especificação) e liberado para comercialização ou, caso contrário, reprovado. Essa batelada reprovada será corrigida de acordo com as recomendações da equipe de controle de qualidade para atingir as especificações necessárias e ser liberada após análise final. Esta segunda reprovação com correção é definida como *reblend* e é considerada para o índice de retrabalho estudado.

3.1.3 Cálculo do Índice de Retrabalho

O Índice de retrabalho (*reblend*) é um cálculo do percentual de bateladas com correção, em um determinado mês, em relação ao número total de bateladas fabricadas no mês em questão.

$$\text{Índice de Reblend (\%)} = \frac{\text{nº bateladas de produto acabado reprovadas no mês}}{\text{nº total de produto acabado produzido no mês}} \times 100$$

Considera-se para fins de resultado o valor anual obtido que se pode encontrar através da média aritmética dos resultados mensais obtidos.

3.2 ETAPA PLAN

3.2.1 Identificação do Problema e Estabelecimento da Meta

O objetivo desta etapa era encontrar o indicador crítico da operação a fim de mantê-lo sob controle, buscando atingir os padrões estipuladas pela EXXONMOBIL, empresa detentora das formulações, que estipula padrões que irão garantir a confiabilidade do processo, além de eliminar os desperdícios provenientes desse indicador.

Foram analisados todos os indicadores da operação durante o ano de 2017 e escolhido aquele que apresentava maior variação em torno das metas e, atrelado ao objetivo do setor,

tem maior influência nos custos e qualidade. Tudo isso atrelado ao conceito “SMART”, do inglês, *Specific* (especificar), *Measurable* (mensurar), *Attainable* (atingível), *Relevant* (relevante), *Time-Bound* (temporizável), que evita a definição de metas incoerentes que podem prejudicar o processo de solução do problema.

3.2.2 Análise do Fenômeno ou Coleta de Dados

A coleta de dados inicial deste estudo, realizada junto à equipe de fabricação e de qualidade, refere-se ao ano de 2017. Um ponto de coleta foi o *software* utilizado para análise e controle de qualidade dos produtos denominado *Lexsislab*. Além do sistema, também foram utilizados os registros de investigações das reprovações ocorridas. A equipe de fabricação, na tentativa de monitorar o indicador do índice de retrabalho, realiza reuniões periódicas de investigação das reprovações de fabricação que causam o retrabalho estudado, gerando os registros utilizados.

Os dados obtidos contemplam o produto reprovado, o teste que estava fora da especificação, local de fabricação, correção realizada, causa da reprovação e plano de ação para tratativa.

3.2.3 Análise de Causa e Efeito

Foram utilizadas algumas ferramentas como diagrama de causa-efeito, *Brainstorming* e cinco porquês, cujo conceito e metodologia já foram citas na fundamentação, para a identificação das causas-raiz. Nesta metodologia devem ser consideradas no máximo três principais causas raiz, de forma a conseguir solucioná-las com baixo investimento e aperfeiçoamento realizado pela própria equipe.

Inicialmente utilizou-se o *Brainstorming* para elencar o máximo de ideias de possíveis causas para o problema da reprovação do lubrificante, onde o líder da equipe de fabricação ficou responsável por anotá-las e os demais colaboradores que compõem esse time e do laboratório sugeriam as causas.

Para preencher o diagrama de causa-efeito elencando com a origem do problema nos 4M's aplicou-se a técnica dos cinco porquês até que se identificasse as três principais causas raízes do problema.

3.2.4 Plano de Ação

Definidas as ações pertinentes as suas respectivas causas, deve-se então elaborar os planos de ação. Para essa elaboração, deve-se seguir uma metodologia conhecida como 5W1H, já abordada anteriormente.

O plano de ação foi montado também com as equipes: fabricação, controle de qualidade e manutenção, deixando os supervisores (líderes ou analistas) como responsáveis por monitorar as ações que mais se assemelhavam com as suas funções. Além disso os prazos estabelecidos tiveram como definição somente a data prevista de término considerando o início tão logo fosse possível. Outro ponto importante na metodologia aplicada foi objetivando a otimização e aproveitamento das ferramentas e recursos existentes para executar as ações.

3.3 ETAPA DO

Nesta etapa, a metodologia utilizada consiste em executar as atividades estabelecidas no plano de ação, elaborado na etapa anterior, de forma não sejam necessários grandes investimentos e que reforcem a participação do setor de fabricação. Desta maneira, priorizaram-se as ações referentes a método e máquina.

3.4 ETAPA CHECK

Partindo do detalhamento citado no referencial teórico, nesta etapa foi realizada o acompanhamento de cada caso de reprovação, registrando essa quantidade para cálculo do índice de reprovação mensal. Esse acompanhamento incluía também a participação nas reuniões de investigação de *reblend* além da confecção de gráficos com os dados tratados comparando mês a mês os resultados obtidos com o ano-base 2017 e a meta estabelecida. Tornando possível a validação da eficácia das ações tomadas.

3.5 ETAPA *ACTION*

Nesta etapa são consideradas duas frentes de metodologia de acordo com os resultados obtidos. Uma será aplicada para os resultados satisfatórios no qual a causa raiz foi eliminada, e a outra quando ainda há a necessidade de tratar a causa raiz.

Na primeira, tendo comprovado a eficácia das ações tomadas, e sendo o resultado satisfatório, promove-se a padronização dessas ações, transformando-as em procedimentos padrão. Importante destacar a importância da divulgação para todos os envolvidos no processo.

Na segunda, após realizar a investigação das causas das falhas, deve-se repetir, ou aplicar o ciclo PDCA para corrigir falhas para garantir que a causa raiz seja eliminada. Além disso, pode-se refazer o processo buscando a melhoria contínua e propondo novas metas.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA – PDCA

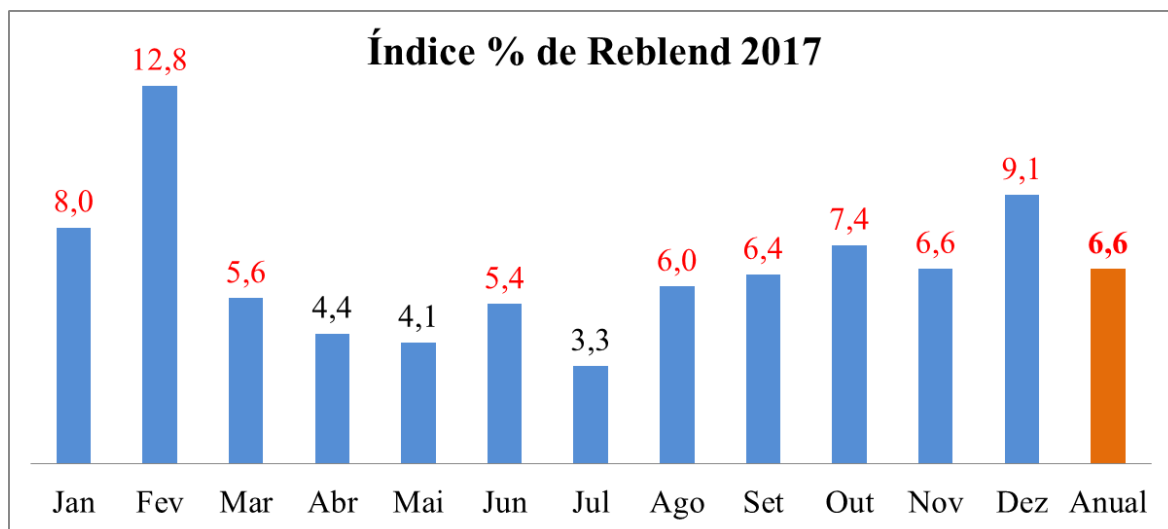
4.1.1 Etapa *Plan*

Durante o processo de fabricação de óleos lubrificantes, foi observado que estavam ocorrendo um grande número de reprovações, consequentemente, um aumento no índice de retrabalho, tornando-o um item crítico de qualidade. Por esse motivo, esse indicador foi escolhido como identificação do problema. Desta maneira o problema foi definido como: “Alto índice de retrabalho na Fabricação de óleo”.

Para definição da meta adotou-se os itens descritos na metodologia, visando atender os requisitos de qualidade necessários, determinou-se para o ano de 2018 a meta de 5% para o acumulado anual de índice de retrabalho ou índice de *reblend*.

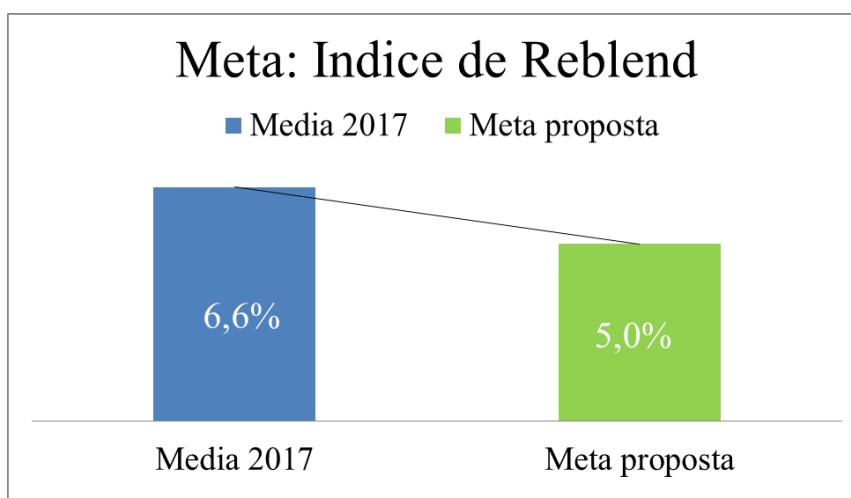
Tomou-se como ano-base para coleta de dados o ano anterior ao início do estudo, ano de 2017, e os dados obtidos estão apresentados nas Figuras 6 e 7, na forma de gráfico com acompanhamento mensal e o índice anual apurado, respectivamente.

Figura 6 - Gráfico com os dados do Índice % de *Reblend* referente ao ano-base 2017



Fonte: Elaborado pela autora

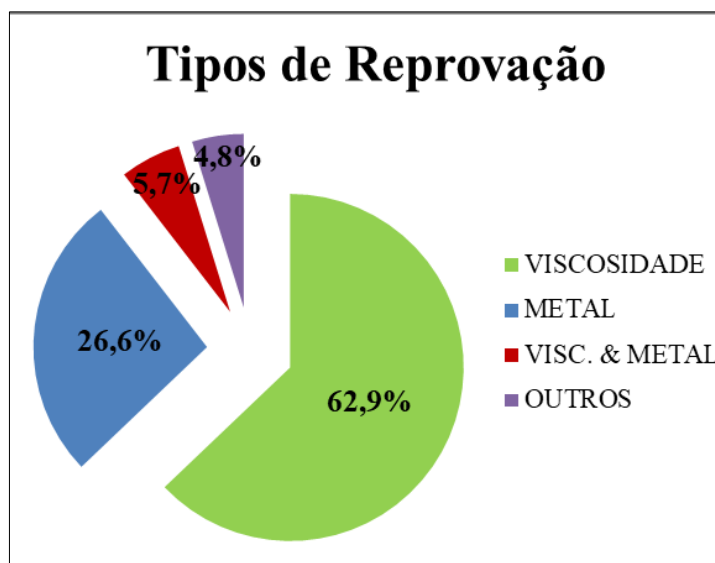
Figura 7 - Proposta de meta



Fonte: Elaborado pela autora

Os dados obtidos através da correlação do índice de reblend e as investigações realizadas permitiram identificar que a maioria das fabricações reprovava em dois testes específicos: viscosidade e teor de metais, conforme observado na Figura 8.

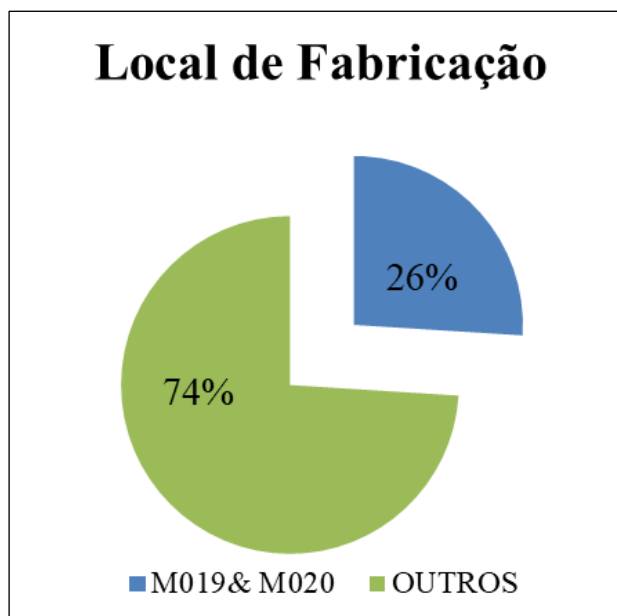
Figura 8 - Gráfico representativo dos testes com maior reprovação em 2017



Fonte: Elaborado pela autora

Além disso, foi possível constatar também que grande parte das fabricações realizadas nos dois tanques, de menor volume (5 m³ cada), denominados M019 e M020, geravam um número alto de retrabalho (Figura 9).

Figura 9 - Gráfico dos tanques de fabricação com maiores casos de reprovação em 2017

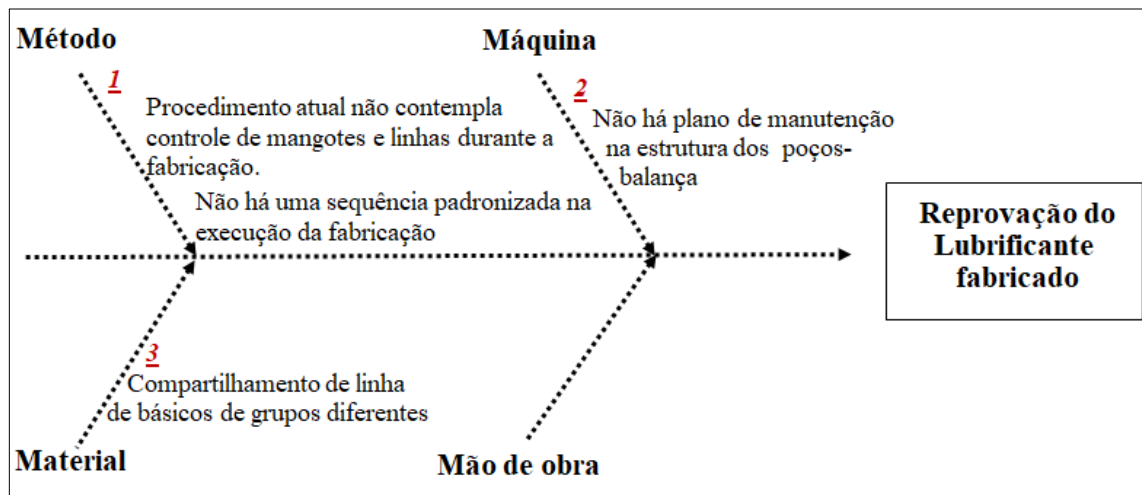


Fonte: Elaborado pela autora

Com essas informações, realizou-se um *brainstorming* aplicado ao diagrama de *Ishikawa* e analisado pela metodologia dos 5 porquês, e foi possível encontrar quatro

principais causas-raiz do problema levantado. A figura 10 representa o diagrama de causa-efeito obtido nesse estudo.

Figura 10 - Diagrama causas-efeitos encontrados



Fonte: Elaborado pela autora

Duas causas estão associadas ao método, na qual o procedimento atual não contempla o controle de mangotes e linhas durante a fabricação e não há uma sequência padronizada na execução da fabricação. Outra causa é referente a máquina, uma vez que se refere a não haver plano de manutenção para estruturas dos poços-balanças. Por fim, tem-se uma causa associada a material pois identificou-se que ocorre compartilhamento de linhas de básicos de grupos diferentes.

Importante destaca que a empresa possui plano de calibração de acordo com as normas necessárias para operação e são constantemente validadas nas auditorias internas e externas periodicamente. Todos os pontos levantados referem-se a um maior detalhamento e aumento da criticidade. Existem procedimentos, mas não havia neles um detalhamento tão específico quando aos controles de linhas e mangotes, pois o processo de mistura é basicamente o mesmo em todos os pontos. Com relação ao plano de manutenção refere-se especificamente a limpeza e condição da estrutura do poço com relação a célula de carga (recurso de pesagem).

Para cada uma das causas-raiz apresentadas foram propostas ações, definidas metas e um responsável para garantir a realização delas.

Quadro 3 - Plano de ação

Causas-Raiz	Contramedidas	Responsável	Meta
Procedimento atual não contempla controle de mangotes e linhas durante a fabricação	Revisar distribuição das linhas de adição de básico em bateadeiras e segregação de mangote por grupo de básicos	Líder de Produção	01/Abr
	Criar duas linhas diretas de fabricação para bateadeiras de 5m ³	Líder de Manutenção	01/Jul
	Criar Instrução de Trabalho (IT) de fabricação para M019 e M020	Líder de Produção	01/Jul
Não há plano de manutenção a estrutura dos poços-balança	Instalações dos tickets-balanças nos poços balanças	Líder de Manutenção	01/Jul
	Manutenção nos poços balanças para retirar variação nas pesagens	Líder de Manutenção	01/Mar
Compartilhamento de linhas de básicos de grupos diferentes	Criar duas linhas para básicos grupo III para adicioná-los nas bateadeiras	Líder de Manutenção	01/Jul
	Instalar sistema de sopro nos <i>meteres</i> de adição de insumos das bateadeiras	Líder de Manutenção	01/Jul
Não há uma sequência padronizada na execução da fabricação	Bombas manuais para aditivos de baixos percentuais em fórmulas	Analista de formulação	01/Mar
	Treinamento sobre aditivos	Analista de formulação	01/Abr

Fonte: Elaborado pela autora

4.1.2 Etapa Do

A implementação das ações propostas teve início em Janeiro de 2018 que se estenderam até Novembro deste mesmo ano. Ao longo da execução foram coletados dados para utilização na fase posterior de verificação e acompanhamento dos prazos e ações estabelecidos na etapa anterior.

Para cada ação/contramedida planejada, será descrito abaixo o que foi realizado e se o prazo foi cumprido.

- Revisar distribuição das linhas de adição de básico em bateadeiras e segregação de mangote por grupo de básicos – foram segregados 2 mangotes para serem utilizados no bombeio de básicos de Grupo III (mais sensíveis a contaminantes). Para diferenciá-los, suas conexões foram pintadas de azul enquanto todas as demais têm colocação prata, característica de materiais metálicos como estes. Além disso, os operadores foram treinados e foi disponibilizado, no local de utilização desses, uma tabela que indica que as linhas sinalizadas na cor azul seriam correspondentes aos básicos grupo

III e por isso deveriam ser bombeadas com mangote específico. Não foi criada uma instrução de trabalho específica para esses casos, foi feito apenas uma inclusão no procedimento geral. Essa ação foi realizada no prazo estabelecido.

- Criar duas linhas diretas de fabricação para tanques de 5 m³ (M019 e M020) – Esta ação foi realizada um mês antes do prazo estabelecido. Para isso, foi criada uma linha rígida, posicionada de forma estratégica para minimizar a possibilidade de contaminantes no processo. Sendo assim a linha criada era menor, com menos curvas e mais próxima do poço de aditivação utilizado para os grupos mais sensíveis.
- Criar Instrução de Trabalho (IT) de fabricação para os tanques de 5 m³ (M019 e M020) – Esta ação foi finalizada com atraso, em Outubro, onde todos os operadores foram treinados no documento que descreve o passo a passo do procedimento a ser seguido nessas fabricação, denominado Instrução de Trabalho (IT).
- Instalações dos tickets-balanças nos poços balanças – Essa ação consiste na emissão de etiquetas que registrem o peso de cada aditivo que está sendo adicionada a fabricação, através de um sistema automático, que não permite interferências do operador. Essa ação foi realizada com atraso de um mês, porém o sistema fica intermitente.
- Manutenção nos poços balanças para retirar variação nas pesagens – As células de carga com o tempo e a utilização por despejo direto, tombamento, de tambor apresentam alguns problemas que acarretam variações de pesagem de aproximadamente 14 kg para um tambor com peso líquido de 202 kg. Calibrações periódicas eram feitas, mas não alcançavam o melhor resultado. Com isso, foi realizado o levantando da estrutura do poço para reposicionamento e limpeza da célula de carga. Ação concluída quinze dias antes do previsto.
- Criar duas linhas para básicos grupo III para utilizar nas fabricações em tanques de volume entre 5 e 30 m³ - esses tanques menores possuem sistema de adição de básico diferenciado. Além da estrutura da fábrica ser antiga, pouco ou quase nada se fabricava utilizando esse grupo de básicos, entretanto, o avanço da tecnologia tem intensificado seu uso forma muito expressiva. Porém trata-se de um componente bastante sensível e extremamente contaminável. Por esse motivo ação proposta faz-se necessária e foi cumprida com atraso devido a maior complexidade de execução pela equipe da manutenção.

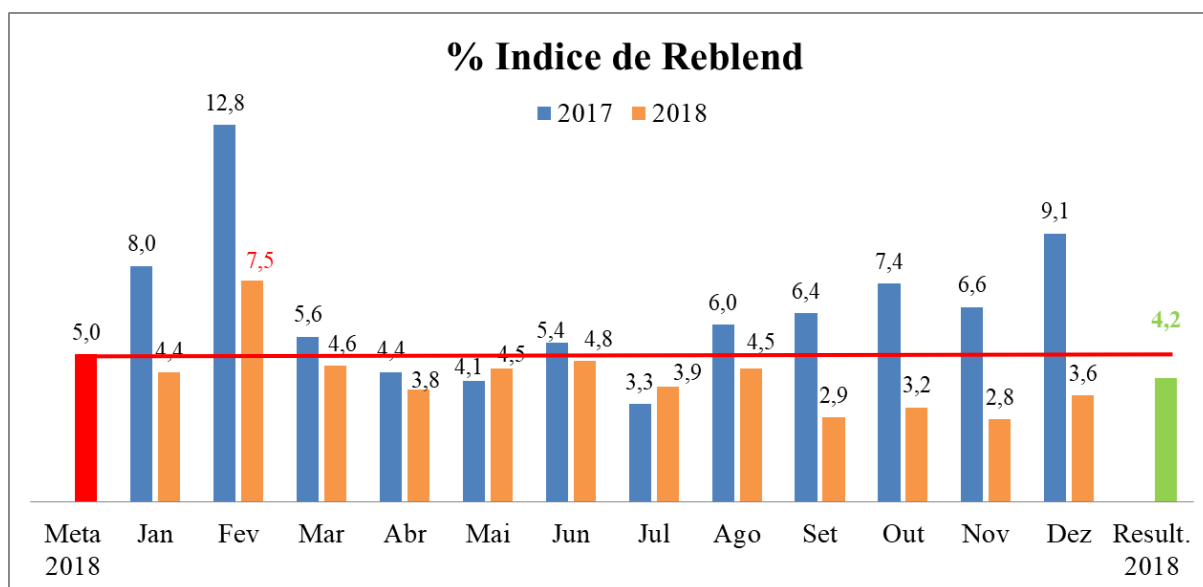
- Instalar sistema de sopro nos *meteres* de adição de insumos das bateadeiras – Devido a interferentes do processo e as condições dos medidores de vazão utilizados não foi possível realizar esta ação. Os medidores de vazão utilizados são do tipo de engrenagem mecânico, caso os pontos de sopro fossem instalados, o ar ao passar pelas engrenagens poderia causar danos ao equipamento devido ao grande fluxo perdendo a confiabilidade de medição deste instrumento.
- Bombas manuais para aditivos de baixos percentuais em fórmulas – Existem aditivos que, quando adicionados 0,5 a 1 kg a mais ou a menos do que o indicado na fórmula, causam alterações expressivas no teor de metal do lubrificante. Devido a essa sensibilidade e a forma de adição de aditivos diretamente no poço e a grande variação encontrada, foi proposto um sistema de retirada dos aditivos dos tambores por meio de uma bomba a vácuo manual, acionada por uma manivela. Esta bomba permite a dosagem sutil da quantidade de aditivo retirada do tambor e adicionada a um balde, dedicado a este aditivo, que será pesado em uma balança com maior sensibilidade. E, somente depois de quantificado, o aditivo é adicionado ao poço balança com a finalidade de se misturar com os demais componentes da fórmula e ser destinado ao tanque de processo. Essa proposta foi cumprida com um atraso de 20 dias devido a indisponibilidades de entrega do fornecedor dentro do prazo estipulado, pois foram adquiridas seis bombas, uma para cada aditivo crítico para evitar contaminação cruzada.
- Treinamento sobre aditivos – com o objetivo de envolver a equipe nas ações propostas e no resultado do trabalho foi realizado junto a toda a equipe de fabricação um treinamento que explica a interferência dos aditivos na formulação e, por isso, a necessidade da utilização da forma mais atenta e melhor possível. Essa atividade foi realizada trinta dias antes do prazo previsto devido a oportunidade de reunir todos os membros da equipe.

4.1.3 Etapa *Check*

Foi realizado o monitoramento mensal e acompanhamento, caso a caso, das reprovações ocorridas durante todo o período de estudo, ano de 2018. Os resultados do índice estão elencados a seguir, na figura 11.

Após análise dos dados pode-se dizer que todas as ações realizadas foram efetivas uma vez que o único mês fora da meta foi Fevereiro onde as ações ainda estavam em fase de implementação, não sendo possível refletir na redução do indicador. Além disso, o índice anual de retrabalho ficou em 4,2 %, valor menor que a meta proposta de 5 %.

Figura 11 - Verificação e comparação dos resultados encontrados com o ano-base 2017



Fonte: Elaborado pela autora

4.1.4 Etapa Action

Em virtude do sucesso obtido, mesmo não sendo possível realizar algumas ações, o planejamento proposto e adotado durante a fase inicial foi adotado como padrão pois conseguiu mitigar e/ou eliminar as causas-raiz possibilitando que a meta fosse alcançada.

A partir da redução do índice de retrabalho, meta superada, houve uma redução de 190.000 reais/ano gastos em 2018. Com os ótimos resultados obtidos e, mantendo a característica dinâmica dessa ferramenta, foi proposto que o estudo continuasse em 2019.

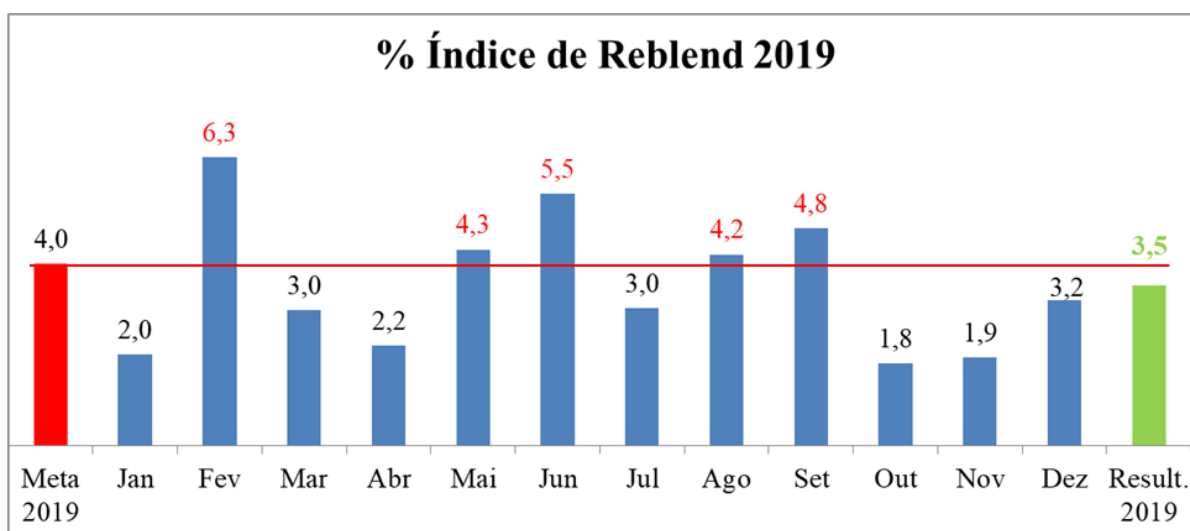
4.2 SEGUNDO CICLO PDCA

No ano de 2019, o desafio da aplicação da ferramenta, é realizado com objetivo de redução da meta inicial de 5% para 4% de índice de retrabalho. Com isso, inicia-se um novo ciclo do PDCA baseado na característica de melhoria contínua da ferramenta e da empresa.

Neste segundo ciclo os resultados foram tratados mês a mês. Desta forma, a cada mês que o resultado estivesse fora da meta proposta, seria aplicado um PCDA identificando as causas-raiz, traçando plano de ação, executando e verificando a assertividade do plano de ação proposto.

Foram observados cinco meses em que o índice esteve fora da meta porém, no balanço anual, a meta foi cumprida. Para as ações propostas, a verificação atestou a eficácia e gerou a padronização do procedimento adotado.

Figura 12 - Gráfico com o percentual de índice de *reblend* obtidos nos meses de 2019



Fonte: Elaborado pela autora

Devido às condições de operação estipuladas no ano de 2020 provenientes dos reflexos do cenário mundial com a pandemia, alguns pontos desse estudo não puderam ser levantados e mantidos. Um deles foi a impossibilidade de levantamento dos valores de custo economizados com a redução de reblend para 3,5% em 2019. Além disso, apesar da empresa não ter revisto a meta para 2020 se comprometeu em mantê-la sólida mesmo com os ajustes da escala de operação.

Para o ano de 2021, a MOOVE, já está avaliando como será a possibilidade de modelo operacional e o plano de trabalho para proposta de nova redução de meta, se possível, atrelada sempre ao conceito SMART.

4.2.1 Fevereiro de 2019

No mês de Fevereiro o índice obtido foi de 6,3 %, o que representa uma reprovação de 72 % das bateladas no teste de viscosidade. Destes, todas as causas encontradas se enquadraram no item de método. O principal está associado à variação de viscosidade dos básicos.

Os básicos possuem uma faixa de especificação com valores mínimos e máximos de viscosidade, assim como o produto acabado final. A cada recebimento de uma nova carga de básico nos tanques de armazenagem pode ocorrer uma alteração na viscosidade do básico. Este se encontra aprovado, porém com valor diferente do que foi utilizado para balanceamento da mistura de básicos desta fórmula, causando a reprovação.

Não existia um procedimento para acompanhamento e novo balanceamento da fórmula de acordo com essas variações. Este foi criado e a avaliação desta ação irá ocorrer no decorrer dos meses. Caso esta causa raiz não se repita, este procedimento será padronizado.

4.2.2 Maio de 2019

No mês de Maio o índice obtido foi de 4,3 %, apenas 0,3% acima da meta, o que corresponde a somente uma batelada a mais do que aceitável pela meta estabelecida. Dos casos, 80 % foram reprovados no teste de viscosidade e os outros 20% na análise do teor de metais.

Ainda que o teor de metais correspondesse a um menor percentual de causa, todas as reprovações deste teste foram causadas por um único problema: o sistema de pesagem do poço-balança apresentou falha. Então, essa causa raiz de máquina foi escolhida para elaboração do plano de ação desta vez.

No ano anterior foi proposta uma ação de manutenção deste equipamento, porém foi realizada uma ação de manutenção pontual, passados mais de um ano de uso do sistema o problema voltou a ocorrer. Com isso foram implementadas as seguintes ações:

- Plano de manutenção periódico do sistema de pesagem dos poços-balança, com periodicidade menor do que um ano.
- Utilização de uma bomba pneumática para bombear os aditivos dos tambores para dentro dos poços-balança. Reduz significativamente as oscilações e pancadas realizadas sobre a célula de carga, pois elimina o despejo direto de tambores sobre a mesma. Estas bombas são dedicadas a cada grupo de compatibilidade dos lubrificantes fabricados, mesmo assim ao final do uso com aditivos passam por um processo de limpeza com o básico da fabricação reservado para ser enviado por último, o básico descrito anteriormente para arraste dos aditivos e limpeza do poço e alinhamentos, agora também é utilizado para o sistema com a bomba.

Caso estas causas-raiz não se repitam, estes procedimentos traçados como plano de ação e implementados serão padronizados.

4.2.3 Junho de 2019

No mês de Junho o índice obtido foi de 5,5 %. Dos casos, 89 % foram reprovados no teste de viscosidade. Destes, 37 % foram causados por possível contaminação na linha ou mangote de adição de básicos.

No ano anterior, para essa mesma causa, foi proposta uma ação de criação de novas linhas para grupo III e segregação de mangotes. Porém, a ação complementar a esta não pode ser implementada: instalar sistema de sopro nos *metres* de adição de insumos das batedeiras, e novamente ela aparece como possibilidade de plano de ação.

Devido a questões estruturais e a características dos medidores de vazão utilizados ainda não é possível implementar este plano de ação. Como forma de garantir a ação tomada anteriormente criou-se uma IT de fabricação que menciona e documenta a utilização dos mangotes segregados e as novas linhas para evitar a recorrência de reprovações por este motivo.

4.2.4 Agosto de 2019

No mês de Agosto o índice obtido foi de 4,2 %, pouco acima da meta, 0,2%, isso corresponde a somente uma batelada a mais do que aceitável pela meta estabelecida. Não foi possível identificar uma semelhança nos motivos que causaram a reprovação. Tão pouco identificar uma causa raiz significativa associada ao processo.

Porém, um fato importante nesse período, foi a falta de monitoramento do processo de fabricação. Com isso, a única causa raiz identificada foi uma grande mudança na estrutura das equipes, com a saída do ponto focal no controle de *reblend*. E como plano de ação adotado tem-se o direcionamento de um novo ponto focal, principalmente no setor de produção, possibilitando o monitoramento dos controles de fabricação.

Nesse período ficou muito clara a importância na padronização das ações, no treinamento de todos da equipe e na consolidação dos métodos utilizados. Sem a implantação do PDCA anteriormente, neste mês, o índice provavelmente seria maior do que 6%, média alcançada sem a ferramenta.

4.2.5 Setembro de 2019

No mês de Setembro o índice obtido foi de 4,8 %, 0,8% acima da meta, que corresponde a três bateladas a mais do que aceitável pela meta estabelecida. Nesse período foi necessária a utilização de muitas fórmulas alternativas, aproximadamente 70% das fabricações, devido a problemas no fornecimento de óleo básico.

A maioria dos óleos lubrificantes utilizados no processo é obtida por importação e recebida no terminal marítimo situado dentro do complexo. Esse processo é suscetível a interferências externas como efeitos da natureza (furacões e marés), atrasos no processo de operação em outros portos até chegada no Brasil, dentre outros.

No geral, existe, pelo menos, mais de uma fórmula autorizada para uso. Essas opções de fórmula diferem em sua composição tanto em relação aos básicos quanto em relação aos aditivos. Além disso, há também a possibilidade de balanceamento entre os percentuais de básicos de uma fórmula. Tudo isso é controlado e predeterminado pela EXXONMOBIL, a equipe de formulação da MOOVE faz apenas uma simulação da batelada em escala laboratorial para pequenos ajustes de percentuais de acordo com as condições atuais do básico

a ser utilizado. Além disso, essa equipe pode selecionar a fórmula que melhor atende a disponibilidade de insumos (básicos e aditivos) no momento a ser produzido.

A partir disso, em Setembro, foram usadas fórmulas ajustadas ou alternativas de acordo com a disponibilidade de básicos para uso. Então a causa raiz está associada ao atraso na chegada do Navio, causando o uso de básicos e níveis baixos nos tanques e sucessivas troca de fórmulas não balanceadas.

Como descrito acima, muitos fatores interferem nesse processo, por isso o plano de ação elaborado destina-se a definir um ponto focal para sinalizar previsão de chegada de básicos para planejamento da produção com uma folga maior, permitindo estipularem as fórmulas que podem ser utilizadas e também os ajustes necessários antes da fabricação.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO

5.1 CONCLUSÃO

No presente trabalho, verificou-se que uma metodologia de prática de ME, o PDCA, aplicada para o tratamento do problema foi extremamente eficiente, proporcionando melhoria significativa no processo de fabricação, em virtude da redução de retrabalhos. Ademais, promoveu aumento na produtividade, maior confiabilidade do processo e redução de custos.

Com a implantação do plano de ação proposto em 2018, pode-se verificar que, a melhoria dos processos foi alcançada, apresentando uma redução do percentual de retrabalho maior do que a meta estipulada com redução de 190.000 reais/ ano gastos. Com isso foi possível reduzir ainda mais no ano seguinte. Em 2019, houve o segundo ciclo da ferramenta onde os casos foram tratados mês a mês, possibilitando mais uma vez atingir um índice de retrabalho menor do que a meta estipulada.

Outro ponto importante que demonstra a eficácia da metodologia é a tratativa por completo de cada causa raiz. Fato que fica evidente a partir do momento que estas não se repetem como agressoras do indicador nos meses subsequentes durante o estudo.

Por fim, pode-se concluir que a implementação do PDCA, por mais simples que pareçam as ações, aumenta a eficiência das operações e, fundamentalmente, cria a cultura necessária para garantir a continuidade das melhorias e a participação dos funcionários na busca de novas oportunidades de melhoria para os processos.

Verificou-se claramente uma das características da ferramenta, o dinamismo do ciclo do PDCA, logo, a cada ano seria possível que um novo ciclo se inicie, propondo novas metas e mantendo o processo constante.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho não pretendeu esgotar o assunto, pelo contrário, sua intenção foi de introduzir o estudo sobre a implementação de uma poderosa ferramenta para a melhoria contínua de qualquer processo e comprovar sua eficácia para obtenção dos objetivos propostos. Importante destacar que é uma ferramenta dinâmica, definida por muitos como um ciclo vivo.

Como sugestões futuras, se propõe a utilização da ferramenta para os processos de fabricação que utilizam misturadores em linha (*In Line Blender* – ILB), pois esses misturadores contribuem significativamente no aumento no índice de retrabalho, aproximadamente, 22% ao ano dos casos de reprovação, por ser o método mais rápido de obter os produtos de maior volume de produção e venda.

Além dessa proposta, pode-se considerar de grande viabilidade para a empresa o estudo, a partir da ferramenta do PDCA, para os casos de reamostragem. Processo não considerado oficialmente como retrabalho mas que, como descrito no trabalho, gera desperdício de movimentação, tempo, matéria-prima (ar comprimido), mão de obra etc., acarretando no aumento do custo. Esse processo de reamostragem alcançaria hoje tem um índice médio de 3,5% ao mês.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINETTO, J. S. - **Sistematização do processo de desenvolvimento de produtos, melhoria contínua e desempenho: o caso de uma empresa de autopeças.** Tese de Mestrado, USP. São Carlos, 2006

AGUAYO, Rafael; **O Sistema Deming (Portuguese Edition): O Americano que Ensinou os Japoneses sobre Qualidade.** 2. ed: 2012.

ALVES, L. F. N. **Determinação de Metais em Óleos Lubrificantes Utilizando a Técnica Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Induzido por Lazer.** Dissertação (Mestrado em tecnologia nuclear de materiais) – Universidade de São Paulo, 2016.

ANDRADE, F.F.D. **O método de melhorias PDCA.** 2003. 169 f. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

AURÉLIO, B. H. F. **Míni Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa.** 8ª Ed. Rio de Janeiro: Editora Positivo, 2010.

BERGER, A. *Continuous improvement and Kaizen: standardization and organizational designs.* **Integral Manufactory System:** USA, 1997

Book of ASTM standards , Method D 4951: *Standard Test Method for Determination of Additive Elements in Lubricating Oils by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry* , American Society for Testing and Materials.

Book of ASTM standards , Method D 5185: *Standard Test Method for Determination of Additive Elements, Wear Metals, and Contaminants in Used Lubricating Oils and Determination of Selected Elements in Base Oils by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES)*, American Society for Testing and Materials.

CAMPOS, V. F.; **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia.** 9. ed. Nova Lima: FALCONI, 2013

CAMPOS, V. F.. **Gerenciamento pelas diretrizes (Hoshin Kanri): o que todo membro da alta administração precisa saber ao entrar no terceiro milênio.** 5. ed. Nova Lima: FALCONI, 2013.

CAMPOS, V. F.; **TQC: Controle de Qualidade Total (no estilo japonês).** 9. ed. Nova Lima: FALCONI, 2014.

CHAVES, J. B. P. **Controle de Qualidade na Indústria de Alimentos.** Viçosa: Departamento de Tecnologia de Alimentos (UFV), 1997. 150p.

CARRETEIRO, R.P. BELMIRO, P. N. A. **Lubrificantes e lubrificação industrial.** Rio de Janeiro: Interferências: IBP, 2006

DEMING, William Edward. **Qualidade: a revolução da administração.** Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.

ELIAS, S.; MAGALHÃES, L. **Contribuição da produção enxuta para a obtenção da produção mais limpa.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23. 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: XXIII ENEGEP, 2003.

FERREIRA, H. B. P. **Determinação de Íons Zinco em Óleos Lubrificantes Por Volumetria de Redissolução Anódica.** Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FIEG (Federação das Indústrias do Estado de Goiás) & SENAI (Serviço Nacional de Apoio a Indústria). **Boas Práticas de Fabricação.** Goiânia, 2002. 108 p.

GODOY, M. H. P. C. **Brainstorming.** Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

ISHIKAWA, K. **Controle da qualidade total: A maneira Japonesa.** Rio de Janeiro-RJ: Ed. Campus. 1993.

MARSHALL, I. Jr. **Gestão da Qualidade .** 8 ed. Rio de Janeiro - RJ. Editora FGV. 2006. 195 p.

MARTÍNEZ-JURADO, Pedro José; MOYANO-FUENTES, José. **Lean management, supply chain management and sustainability: a literature review.** Journal of Cleaner Production, 2013.

MELO, C. P.; CARAMORI, E. J. **PDCA Método de melhorias para empresas de manufatura** – versão 2.0. Belo Horizonte: Fundação de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

NASCIMENTO, A. F. G. **A utilização da metodologia do ciclo PDCA no gerenciamento da melhoria contínua.** Monografia apresentada à Faculdade Pitágoras – Núcleo de pós-graduação e ao Instituto Superior de Tecnologia. MBA em Gestão Estratégica da Manutenção, Produção e Negócios. 2011

NEVES, T. F. **Importância da utilização do ciclo PDCA para garantia da qualidade do produto em uma indústria automobilística.** Monografia. Universidade Federal de Juiz de Fora, MG, 2007

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

OLIVEIRA, S. T. **Ferramentas para o aprimoramento da qualidade.** São Paulo-SP: Editora Pioneira. 1996. 58p

PETROBRAS. **Lubrificantes: Fundamentos e Aplicações.** [S.L.]: Gerencial Industrial. 2005.

REIS, H.; FIGUEIREDO, K. **A redução de desperdícios na indústria.** Revista de Administração, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 39-49, 1995.

SANTOS, O. S.; PEREIRA, J. C. S.; OKANO, M. T. **A implantação da ferramenta de qualidade MASP para melhoria contínua em uma indústria vidreira.** Revista Caleidoscópio, v. 1, n. 4, 2012.

SHEWHART, W. A. *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control.* Graduate School of the Department of Agriculture. Washington, D.C, 1939.

SOUZA, J. O. d. L; **50 Ferramentas de Gestão: Diagnosticar e resolver problemas.** 1. ed. Nata/RN: 2020

TACHIZAWA, T.; SACAICO, O. **Organização Flexível: qualidade na gestão por processos.** São Paulo: Atlas, 1997.

TRIVELLATO, A. A. **Aplicação das Sete Ferramentas Básicas da Qualidade no Ciclo PDCA para Melhoria Contínua: Estudo de Caso numa Empresa de Autopeças.** Monografia. USP. São Carlos, 2010.

VIEIRA FILHO, G. **Gestão da Qualidade Total: Uma abordagem prática.** 3. ed. Campinas: Alínea, 2010.

WOMACK J.P., Jones D.T., Roos D., *The machine that changed the world*, New York, NY: Rawson Associates, 1990

WOMACK J.P., Jones D.T., *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*, New York, NY: Simon & Schuster, 1996

WOMACK, J.P.; JONES, D.T., 1998, **A Mentalidade Enxuta nas Empresas**, 4 ed. Rio de Janeiro, Editora Campus Ltda.



Datas e horários baseados no fuso horário (GMT -3:00) em Brasília, Brasil
Sincronizado com o NTP.br e Observatório Nacional (ON)
Certificado de assinatura gerado em 11/12/2020 às 18:34:39 (GMT -3:00)

TCC BEATRIZ DE BRITO CORREA - versão final.pdf

 ID única do documento: #7cb5c9f7-f8dd-4002-b6d4-a71e37b96d7f

Hash do documento original (SHA256): 8070e5f63a836ed9a37562c4a3443562243a22998999a9280604f5ffa1c2f39d

Este Log é exclusivo ao documento número #7cb5c9f7-f8dd-4002-b6d4-a71e37b96d7f e deve ser considerado parte do mesmo, com os efeitos prescritos nos Termos de Uso.

Assinaturas (4)

- ✓ **André Simões (Participante)**
Assinou em 14/12/2020 às 07:26:31 (GMT -3:00)
- ✓ **Tanise Flores (Participante)**
Assinou em 11/12/2020 às 18:48:37 (GMT -3:00)
- ✓ **Letícia Rodrigues (Participante)**
Assinou em 13/12/2020 às 21:11:37 (GMT -3:00)
- ✓ **Sergio Baltar (Participante)**
Assinou em 14/12/2020 às 08:44:53 (GMT -3:00)

Histórico completo

Data e hora

11/12/2020 às 18:48:37
(GMT -3:00)

Evento

Tanise Flores (Autenticação: e-mail tmflores@cetiqt.senai.br; IP: 201.17.125.214) assinou. Autenticidade deste documento poderá ser verificada em <https://verificador.contraktor.com.br>. Assinatura com validade jurídica conforme MP 2.200-2/01, Art. 10º, §2.

11/12/2020 às 18:34:39
(GMT -3:00)

Beatriz de Brito Corrêa solicitou as assinaturas.



Data e hora

Evento

13/12/2020 às 21:11:37
(GMT -3:00)

Letícia Rodrigues (Autenticação: e-mail leticiarccorrea@gmail.com; IP: 179.83.224.206) assinou. Autenticidade deste documento poderá ser verificada em <https://verificador.contraktor.com.br>. Assinatura com validade jurídica conforme MP 2.200-2/01, Art. 10o, §2.

14/12/2020 às 07:26:31
(GMT -3:00)

André Simões (Autenticação: e-mail alsimoes@cetiqt.senai.br; IP: 201.17.78.235) assinou. Autenticidade deste documento poderá ser verificada em <https://verificador.contraktor.com.br>. Assinatura com validade jurídica conforme MP 2.200-2/01, Art. 10o, §2.

14/12/2020 às 08:44:53
(GMT -3:00)

Sergio Baltar (Autenticação: e-mail sfandino@cetiqt.senai.br; IP: 201.17.121.73) assinou. Autenticidade deste documento poderá ser verificada em <https://verificador.contraktor.com.br>. Assinatura com validade jurídica conforme MP 2.200-2/01, Art. 10o, §2.