



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP

ESCOLA DE MINAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



PEDRO TEIXEIRA VICENTE

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PDCA NA GESTÃO DA
MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS MÓVEIS DE UMA EMPRESA
DE MINERAÇÃO.**

**OURO PRETO - MG
2021**

PEDRO TEIXEIRA VICENTE
pedrotvicente@gmail.com

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PDCA NA GESTÃO DA
MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS MÓVEIS DE UMA EMPRESA
DE MINERAÇÃO.**

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Engenharia Mecânica
da Universidade Federal de Ouro Preto
como requisito para a obtenção do
título de Engenheiro Mecânico.

Professor orientador: DSc. Washington Luis Vieira da Silva

OURO PRETO – MG
2021

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

V632a Vicente, Pedro Teixeira .
Aplicação da metodologia PDCA na gestão da manutenção de
equipamentos móveis de uma empresa de mineração. [manuscrito] /
Pedro Teixeira Vicente. - 2021.
85 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Washington Luis Vieira da Silva.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola
de Minas. Graduação em Engenharia Mecânica .

1. Metodologia - PLAN-DO-CHECK-ACT (PDCA). 2. Gestão -
Manutenção. 3. Custos. 4. Mineração. I. Silva, Washington Luis Vieira da.
II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECANICA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Pedro Teixeira Vicente

Aplicação da Metodologia PDCA na Gestão da Manutenção de Equipamentos Móveis de uma Empresa de Mineração

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico

Aprovada em 09 de dezembro de 2021

Membros da banca

DSc. Washington Luis Vieira da Siva - Orientador(a) (Universidade Federal de Ouro Preto)
DSc. Diogo Antônio de Sousa (Universidade Federal de Ouro Preto)
MSc. Sávio Sade Tayer (Universidade Federal de Ouro Preto)

Washington Luis Vieira da Siva, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 17/12/2021



Documento assinado eletronicamente por **Washington Luis Vieira da Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/01/2022, às 11:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0263890** e o código CRC **C0BE45A5**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.000090/2022-40

SEI nº 0263890

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000
Telefone: (31)3559-1533 - www.ufop.br

À Deus, dedico mais esta etapa vencida.

Aos meus pais, Raimundo e Rosália, pelo amor e apoio incondicional.

À Virgínia, pelo companheirismo.

À Escola de Minas, pelo ensino de qualidade.

AGRADECIMENTO

Ao meu orientador, DSc. Washington Luis Vieira da Silva, pelo incentivo, paciência e orientação neste trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia Mecânica por suas importantes contribuições para o aprimoramento do trabalho.

Aos irmãos republicanos, pela amizade e pelos momentos compartilhados.

“Duas coisas, sobretudo, impedem que o homem saiba ao certo o que deve fazer: uma é a vergonha, que cega a inteligência e arrefece a coragem; a outra é o medo, que, indicando o perigo, obriga a preferir a inércia a ação.”

Erasmus de Rotterdam

RESUMO

O mercado da mineração vem se tornando cada vez mais competitivo, para que uma empresa possa ter bons resultados face à concorrência, faz-se necessário identificar e desenvolver projetos que possam mitigar desperdícios e encontrar oportunidades de melhoria. Sendo assim, este trabalho visou analisar como a metodologia PDCA pode contribuir para a gestão de custos empregados na manutenção de equipamentos móveis de uma empresa do setor de mineração. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica relacionada aos tipos manutenção, às ferramentas da qualidade e à aplicação da metodologia PDCA (*Plan-Do-Check-Action*) na gestão da manutenção. Desta forma, o presente trabalho se utilizou das etapas da metodologia PDCA. Na primeira etapa (*Plan*), com a análise realizada no estudo, foi descoberta a possibilidade de ganhos econômicos nos custos provenientes de materiais e serviços de manutenção. Um plano de ação foi traçado e executado na segunda etapa (*Do*), também foram realizados treinamentos. Na terceira etapa (*Check*) foi feita a verificação das metas traçadas e na última etapa (*Action*), após identificada a efetividade da aplicação, novos padrões foram criados. Durante o estudo foram utilizadas ferramentas da qualidade, como Gráfico de Pareto para identificação dos problemas e Diagrama de Ishikawa para priorização de ações. Por fim, concluiu-se que a metodologia PDCA apresentou contribuições significativas, com redução dos gastos empregados na reforma de implementos no setor de manutenção da empresa estudada.

Palavras-chave: Metodologia PDCA. Gestão da manutenção. Custos. Mineração.

ABSTRACT

The mining market has become increasingly competitive, so that a company can have good results compared to the competition, it is necessary to identify and develop projects that can mitigate waste and find opportunities for improvement. Therefore, this work aimed to analyze how the PDCA methodology can contribute to the cost management employed in the maintenance of mobile equipment in a company in the mining sector. A literature search was carried out related to maintenance types, quality tools and the application of the PDCA (Plan-Do-Check-Action) methodology in maintenance management. Thus, the present work used the steps of the PDCA methodology. In the first stage (Plan), with the analysis carried out in the study, the possibility of economic gains in costs arising from maintenance materials and services was discovered. An action plan was drawn up and executed in the second stage (Do), training was also carried out. In the third step (Check) the goals set were verified and in the last step (Action), after identifying the effectiveness of the application, new standards were created. During the study, quality tools were used, such as the Pareto Chart to identify the problems and the Ishikawa Diagram to prioritize actions. Finally, it was concluded that the PDCA methodology presented significant contributions, with a reduction in expenses used in the reform of implements in the maintenance sector of the studied company.

Key-words: PDCA methodology. Maintenance management. Costs. Mining.

LISTA DE SIGLAS

PCM - Planejamento e Controle da Manutenção

PDCA - *Plan-Do-Check-Action*

MTBF - *Mean Time Between Failure*

MTTR - *Mean Time To Repair*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo PDCA	12
Figura 2 - Fluxograma para identificação do problema	14
Figura 3 - Exemplo de gráfico de Pareto	18
Figura 4 – Exemplo de diagrama de Ishikawa	19
Figura 5 - Materiais e métodos	22
Figura 6 - Tela sistema Oracle.....	24
Figura 7 - Tela sistema Maximo.....	24
Figura 8 – Organograma da empresa.....	26
Figura 9 - Orçamento de materiais de manutenção.	29
Figura 10 - Orçamento de serviços de manutenção.....	29
Figura 11 - Fluxograma de identificação do problema.....	31
Figura 12 - Fluxograma de análise do fenômeno.	33
Figura 13 - Diagrama de Pareto dos gastos de serviços de manutenção dividido por frotas de equipamentos móveis.	34
Figura 14 - Diagrama de Pareto dos gastos de serviços de manutenção dividido por implementos.....	35
Figura 15 - Diagrama de Pareto dos gastos de serviços de manutenção dividido por frotas e seus respectivos implementos.....	36
Figura 16 – Diagrama dos gastos com reforma de implementos.	38
Figura 17 – Fluxograma da etapa de análise do processo.	39
Figura 18 – Diagrama de Ishikawa para gasto com reforma de cilindros da frota de D375.	41
Figura 19 - Diagrama de Ishikawa para gasto com reforma de <i>truck</i> da frota de D375.....	42
Figura 20 – Lista de presença de treinamento realizado.	46
Figura 21 - Acompanhamento da meta global.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução da manutenção.....	7
Tabela 2 - Técnicas preditivas.....	11
Tabela 3 - Variáveis e indicadores.....	23
Tabela 4 - Gastos gerais.....	28
Tabela 5 – Causas a serem tratadas.....	43
Tabela 6 – Causas a serem tratadas e suas possíveis soluções.....	44
Tabela 7 – Pesos e critérios utilizados para cada possível solução.....	45
Tabela 8 – Parâmetro para as notas atribuídas às possíveis soluções.....	46
Tabela 9 – Controle do plano de ação, parte 1.....	47
Tabela 10 - Controle do plano de ação, parte 2.....	48
Tabela 11 - Controle do plano de ação, parte 3.....	49
Tabela 12 - Controle do plano de ação, parte 4.....	50
Tabela 13 – Orçamento de gastos empregados com materiais e serviços de manutenção.....	52
Tabela 14 - Acompanhamento dos gastos empregados com materiais e serviços de manutenção.....	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Formulação do Problema.....	1
1.2	Justificativa.....	3
1.3	Objetivos.....	4
1.3.1	Geral	4
1.3.2	Específicos.....	4
1.4	Estrutura do Trabalho	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1	Manutenção	6
2.1.1	Tipos de manutenção	7
2.1.1.1	Manutenção corretiva.....	8
2.1.1.2	Manutenção preventiva	9
2.1.1.3	Manutenção preditiva.....	10
2.2	Melhoria Contínua.....	12
2.2.1	PDCA.....	12
2.2.1.1	Plan - Planejamento.....	13
2.2.1.2	Do - Execução	15
2.2.1.3	Check - Verificação.....	15
2.2.1.4	Action - Atuação	15
2.3	Gestão da manutenção	16
2.3.1	Treinamentos	17
2.3.2	Ferramentas da qualidade	17
2.3.2.1	Diagrama de Pareto	17
2.3.2.2	Diagrama de Ishikawa.....	18
3	METODOLOGIA.....	20
3.1	Tipos de pesquisa.....	20
3.2	Materiais e métodos.....	21
3.3	Variáveis e indicadores.....	23
3.4	Instrumento de coleta de dados.....	23
3.5	Tabulação dos dados.....	25
3.6	Considerações finais	25

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1	Descrição da empresa/setor	26
4.2	Diagnóstico da situação	27
4.3	Aplicação do PDCA	30
4.3.1	Planejamento (PLAN)	30
4.3.1.1	Identificação do problema.....	30
4.3.1.2	Análise do fenômeno.....	32
4.3.1.3	Análise do processo.....	39
4.3.1.4	Estabelecimento do plano de ação	43
4.3.2	Implementação (DO)	46
4.3.3	Verificação (CHECK)	51
4.3.4	Ação (ACTION)	53
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	55
5.1	Conclusões.....	55
5.2	Recomendações para trabalhos futuros	56
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
	ANEXOS.....	60

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

O ambiente mercadológico está cada vez mais competitivo, diante desse cenário, todos os setores de uma companhia devem funcionar adequadamente para evitar perdas. Nesse contexto, a manutenção é uma atividade típica nas organizações, visto que a quebra ou presença de defeitos no produto é a representação do padrão de qualidade da empresa, e no caso da mineração, a quebra ou defeito de uma máquina impacta diretamente na produção da empresa.

A norma NBR 5462 (1994, p. 6) que rege os conceitos e tange a manutenção como um sistema, define manutenção como “a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um equipamento, ou instalação, na sua principal função requerida”.

Logo, Xenos (1998), em um sentido mais amplo, aborda que a manutenção também envolve a modificação das condições originais do equipamento através da introdução de melhorias para evitar a ocorrência ou reincidência de falhas, reduzindo custos e aumentando a produtividade.

Na visão atual, o trabalho da manutenção está sendo enobrecido onde, cada vez mais, o pessoal da área precisa estar qualificado e equipado para evitar falhas e não somente para corrigi-las. Esta mudança estratégica da manutenção tem reflexo direto nos resultados empresariais (KARDEC & NASCIF, 2012).

Portanto, Kardec e Nascif (2012) abordam manutenção estratégica como aquela que é voltada para os resultados empresariais, sendo preciso, sobretudo, ser eficiente e eficaz, ou seja, reparar rápido e manter a disponibilidade do equipamento para realizar determinada função, reduzindo a probabilidade de uma parada de produção não planejada.

Para isso, é possível aplicar a gestão da manutenção, que é caracterizada pela utilização de metas para resolução de problemas na busca por melhor eficiência, ou seja, melhor aproveitamento de mão de obra, máquinas e equipamentos, tendo como resultado a máxima disponibilidade deles (XENOS, 1998).

Para uma boa gestão da manutenção, Xenos (1988) cita a necessidade de se estruturar um sistema de manutenção de equipamentos e adotar a metodologia PDCA para atingir as metas relacionadas aos equipamentos.

Nesse contexto, adotar a metodologia PDCA significa colocar em prática uma das ferramentas mais conhecidas no meio empresarial para atingir a melhoria contínua. Metodologia esta que se torna ainda mais útil quando se está diante de um cenário de redução de custos, necessitando assim de uma manutenção mais eficiente e mais econômica, concomitantemente.

Logo, o ciclo PDCA é definido por Xenos (1998) como o método universal para atingir metas, sendo este dividido em quatro etapas distintas: Planejamento (PLAN), Execução (DO), Verificação (CHECK) e Atuação (ACTION). De maneira simplificada, as etapas consistem em:

- Planejamento (PLAN) - estabelecer metas e métodos para alcançá-las;
- Execução (DO) - orientar as pessoas envolvidas nos métodos que serão utilizados;
- Verificação (CHECK) - verificar o progresso dos resultados do trabalho executado;
- Atuação (ACTION) - atuar no processo visando corrigir resultados que não estão evoluindo em direção a meta. (XENOS, 1998)

Tal ciclo PDCA é aplicado para diversos setores da indústria, como é o caso do setor de mineração.

O setor da mineração representa 4% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, segundo o Ministério de Minas e Energia (2018). O Brasil é geologicamente privilegiado, mas apesar de ter grande disponibilidade desses recursos naturais, é um país que apresenta grande déficit em infraestrutura, que dificulta a logística das empresas mineradoras e onde os trabalhadores são submetidos a verdadeiros desafios na manutenção.

Mais especificamente falando, para ajudar a superar esses desafios da manutenção, tem-se o setor de manutenção de equipamentos de mina, sendo este responsável pelo planejamento e controle dos equipamentos de carga, desmonte e transporte utilizados na mineração. Classifica-se como equipamentos de carga, as carregadeiras e as escavadeiras. Já como equipamentos de desmonte, as perfuratrizes, os tratores e as motoniveladoras.

Dessa forma, a proposta do estudo é realizar uma análise da aplicação da metodologia PDCA para os equipamentos móveis, com o intuito de diminuir os gastos empregados na manutenção desses equipamentos.

Então diante do contexto, surge a seguinte questão problema:

Como a metodologia PDCA pode contribuir para a gestão da manutenção de equipamentos móveis de uma empresa de mineração?

1.2 Justificativa

Tendo em vista o momento de austeridade que tem permeado na mineração, para que uma empresa possa se manter competitiva no mercado mundial, faz-se necessário identificar e desenvolver projetos que possam evitar desperdícios e encontrar oportunidades de tornar o processo de manutenção mais eficiente.

Logo, o método PDCA pode ser utilizado, visto que ele traz muitas vantagens com relação a custos, qualidade e produtividade. Mais especificamente na relação com os custos, o PDCA pode ser muito útil nos processos de estimativa de gasto, através do uso de ferramentas de qualidade como histograma, gráfico de Pareto e análises históricas (PERES, 2014). Sendo então, eficaz no cumprimento de metas estratégicas da empresa, no entanto, para que isso ocorra é necessário que seja aplicado perfeitamente desde o início do processo (NEVES, 2007).

O uso da metodologia PDCA permite que o processo aconteça de uma forma padronizada, e se torna ainda mais eficaz por conta dos avanços oferecidos pela tecnologia. Os modelos estatísticos elementares evoluíram, e nas empresas tem-se uma maior abrangência e variedade de informações, logo, essas práticas aliadas geram maior assertividade e confiança nas análises, gerando conseqüentemente resultados satisfatórios, principalmente devido ao fácil entendimento e manuseios dos bancos de dados. Verifica-se então a oportunidade de ganhos com a aplicação da metodologia PDCA nessa atividade.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

- Analisar como a metodologia PDCA pode contribuir para a gestão de custos empregados na manutenção de equipamentos móveis de uma empresa do setor de mineração.

1.3.2 Específicos

- Realizar um estudo teórico sobre: manutenção, gestão da manutenção e metodologia PDCA;
- Elaborar um procedimento metodológico para analisar a contribuição da metodologia PDCA para a empresa estudada;
- Acompanhar os gastos mensais da empresa focados em materiais e serviços de manutenção;
- Monitorar a manutenção durante a aplicação da metodologia PDCA;

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho é composto por cinco capítulos, onde o capítulo 1 mostra a formulação do problema, sua justificativa, e os objetivos gerais e específicos.

O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, onde se tem os conceitos envolvidos acerca de manutenção, metodologia PDCA e gestão da manutenção. No capítulo 3 tem-se a metodologia adotada no estudo, como foi feito o levantamento dos dados e as ferramentas utilizadas. Já no capítulo 4, é feita uma breve descrição da empresa, logo após detalha-se os procedimentos adotados em cada etapa da aplicação da metodologia PDCA e são mostrados os resultados. Por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo é feito o embasamento teórico para realização do estudo. São abordados os conceitos de manutenção, metodologia PDCA e gestão da manutenção.

2.1 Manutenção

A manutenção é uma atividade muito antiga, surgindo aproximadamente em 1930. Segundo Kardec e Nascif (2009), a manutenção passou por 4 gerações, caracterizando assim um cenário de constante mudança, principalmente devido:

- Aumento de instalações, equipamentos e edifícios para serem mantidos - crescimento industrial;
- Evolução dos projetos, produção de máquinas cada vez mais complexas;
- Novas e inovadoras técnicas de manutenção;
- Novas maneiras de se organizar a manutenção;
- Aumento da competitividade das empresas e consequente organização empresarial para redução de custos, manutenção mais estratégica para maior lucro.

A crescente cobrança por segurança no meio de trabalho e a preocupação com o meio ambiente fez com que a manutenção tenha que se adaptar frequentemente ao cenário industrial.

Dentro das quatro gerações da manutenção citadas por Viana (2002), tem-se a primeira que foi o período que antecede a segunda guerra mundial, nessa época a manutenção tratava apenas de lubrificação e pequenos reparos, visto que os equipamentos eram rústicos e apresentavam pouca complexidade. As competências dos profissionais da época eram baseadas apenas em experiência prévia.

Já na segunda geração, que ocorreu após a segunda guerra mundial, houve um aumento da necessidade de vários produtos e o aumento da mão de obra não acompanhou essa demanda, fazendo com que se aumentasse a mecanização.

A partir disto, surge a manutenção preventiva, devido ao maior tempo de necessidade de uso dos equipamentos, começa a se desejar uma certa confiabilidade dos equipamentos. Com isso o custo de manutenção começou a subir, surgiram novas estratégias para planejamento e controle de manutenção, a vida útil do equipamento começou a ser valorizada.

Quando se chega na terceira geração, o aumento da automação e mecanização das indústrias generalizou a prática de manutenção como função essencial. Ocorre também a

aplicação de práticas *just-in-time*, onde houve a redução de estoques e gerou maiores desafios para a manufatura. As paradas de produção começaram a ser parte integrante da capacidade competitiva da empresa.

O avanço da informática e da automação trouxe o aumento de falhas, mas também permitiu a utilização de computadores mais velozes, além de programas mais eficientes para planejamento e controle da manutenção.

Por fim, na quarta geração tem-se uma consolidação das práticas de manutenção, a prática da análise de falhas se consagra como metodologia para garantir a performance dos equipamentos. As empresas começam a integrar áreas de engenharia, manutenção e produção, para que as metas sejam atingidas em conjunto, evitando uma disputa improdutiva entre essas áreas. A Tabela 1 mostra a evolução da manutenção e suas gerações.

Tabela 1 - Evolução da manutenção

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO										
Geração	Primeira Geração		Segunda Geração		Terceira Geração		Quarta Geração		Quinta Geração	
	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2005	2010	2015
Aumento das expectativas em relação à Manutenção	• Conserto após a falha		• Disponibilidade crescente • Maior vida útil do equipamento		• Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Melhor relação custo-benefício • Preservação do meio ambiente		• Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Preservação do meio ambiente • Segurança • Gerenciar ativos • Influir nos resultados do negócio		• Gerenciar os ativos • Otimizar os ciclos de vida dos ativos • Influir nos resultados do negócio	
Visão quanto à falha do ativo	• Todos os equipamentos se desgastam com a idade e por isso falham		• Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira		• Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5		• Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F. (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5		• Planejamento do ciclo de vida desde o projeto para reduzir falhas	
Mudança nas técnicas de manutenção	• Habilidades voltadas para o reparo		• Planejamento manual da manutenção • Computadores grandes e lentos • Manutenção preventiva (por tempo)		• Monitoramento da condição • Manutenção preditiva • Análise de risco • Computadores pequenos e rápidos • Softwares potentes • Grupos de trabalho disciplinares • Projetos voltados para a confiabilidade		• Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição • Redução nas manutenções preventiva e corretiva não planejada • Análise de falhas • Técnicas de confiabilidade • Manutenibilidade • Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade • Contratação por resultados		• Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição <i>on</i> e <i>off-line</i> • Participação efetiva no projeto, aquisição, instalação, comissionamento, operação e manutenção dos ativos • Garantir que os ativos operem dentro de sua máxima eficiência • Implementar melhorias objetivando redução de falhas • Excelência em engenharia de manutenção • Consolidação da contratação por resultados	

Fonte: Kardec e Nascif (2012, p.5)

2.1.1 Tipos de manutenção

Existem várias maneiras de classificar a manutenção (XENOS, 1998), sendo que os tipos de manutenção mais recorrentes quanto à classificação, podem ser listadas como: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva.

2.1.1.1 Manutenção corretiva

Segundo Xenos (1998), a manutenção corretiva sempre é feita depois que a falha ocorreu, a opção por esse tipo de manutenção deve levar em conta os custos, ou seja, é necessária uma posterior análise de falha para determinar se é mais barato corrigir a falha ou tomar ações preventivas para que ela não ocorra.

No entanto, na grande maioria dos casos, a manutenção corretiva apresenta um custo menor do que a prevenção de falhas, mas aqui considera-se apenas o custo da manutenção, quando se alia isso ao fator produção, ela pode causar grandes perdas por interrupção (XENOS, 1998).

Logo, para concluir que a manutenção corretiva é mais vantajosa em um determinado caso de falha, é necessário levar em conta diversos fatores, como disponibilidade de peças de reposição em estoque e tempo de parada (XENOS, 1998). Além disso, deve-se avaliar a criticidade do componente na máquina, visto que determinados equipamentos possuem partes que ao falharem não ocasionam perda de produção, mas são necessários para garantir a segurança do operador, ou então para evitar o desgaste prematuro da máquina, em alguns desses casos específicos pode-se realizar uma parada corretiva "planejada" (KARDEC & NASCIF, 2009).

Para exemplificar melhor as situações acima citadas, pode-se usar uma planta de extração de petróleo, neste caso uma falha significa uma perda de produção grande, visto que é um processo contínuo, sendo muitas vezes vantajoso solucionar essas falhas através de uma manutenção corretiva, de emergência. Já no caso de uma lâmpada auxiliar de um equipamento, a falha ocorre de maneira inesperada, assim como em lâmpadas residenciais, no entanto, normalmente não resulta em uma grande perda de produção, e o reparo tende a ocorrer com um mínimo ou nenhum impacto na produção, podendo então ser realizada uma corretiva "planejada" ou aguardar a manutenção preventiva.

2.1.1.2 Manutenção preventiva

Já a manutenção preventiva é feita periodicamente, e deve ser a principal manutenção das empresas. É uma manutenção mais cara, pois nela são realizadas trocas de peças, são feitos inspeções e reparos. Em alguns setores, como a aviação, a preventiva deve ser imperativa, visto que a falha afeta diretamente a segurança do equipamento (KARDEC & NASCIF, 2009).

A manutenção preventiva é “a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo” (KARDEC & NASCIF, 2009). É altamente efetiva no longo prazo, visto que reduz a quantidade de paradas da máquina, gera maior disponibilidade, ou seja, aumenta o tempo de produção da máquina (XENOS, 1998).

No entanto, apesar de promover um bom gerenciamento das atividades e agir previamente a falha, a manutenção preventiva tem fatores negativos sendo um deles a possibilidade de falha no plano de manutenção, fazendo com que ela não desempenhe sua principal função que é a prevenção de falhas (XENOS, 1998).

2.1.1.3 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva aparece nesse cenário como uma manutenção que permite otimizar a troca de peças ou reforma de componentes. Esta é feita através de inspeção das partes do equipamento, isso corrige um dos fatores que eleva o custo da manutenção preventiva, pois evita a troca de peça por horas trabalhadas, realizando a troca por condição (XENOS, 1998).

Devido ao avanço tecnológico, hoje tem-se técnicas avançadas para avaliar condições dos equipamentos e determinar a sua vida útil, estendendo assim o intervalo entre as manutenções. Por isso, tornou-se típico empresas possuírem equipes altamente especializadas na realização da manutenção preditiva (XENOS, 1998).

Segundo Viana (2002), existem quatro técnicas preditivas bastante usadas nas indústrias nacionais, elas são representadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Técnicas preditivas

Método	Tipo	Objetivo	Técnica	Vantagens	Desvantagens
Ensaio por ultrassom	Método não destrutivo	Detectar defeitos e descontinuidades internas em materiais ferrosos e não ferrosos	Passagem de onda ultrassônica pela peça que detecta falhas ou descontinuidades	Alta sensibilidade na detecção de pequenas descontinuidades internas; dispensa processos intermediários; não requer planos ou acessórios especiais.	Necessidade de conhecimento teórico e experiência; registro de difícil obtenção; dificuldade de aplicação em faixas muito finas; requer prévio preparo de superfície.
Análise de vibração mecânica	Método não destrutivo	Verificação de vibração do sistema para análise de possível desgaste e fadiga	Instalação de acelerômetros em pontos determinados do equipamento que captarão a uma serie de dados para posterior análise	Realização de medidas sem contato físico com a instalação; verificação de equipamentos em pleno funcionamento.	O custo inicial para um sistema de monitoramento pode ser alto.
Termografia	Método não destrutivo	Sensoriamento remoto de pontos ou superfícies aquecidas por meio de radiação infravermelha	Deteção de partes aquecidas através da formação de imagens térmica de um componente, equipamento ou processo, a partir da radiação infravermelha.	Realização de medidas sem contato físico com a instalação; verificação de equipamentos em pleno funcionamento; inspeção de grandes superfícies em pouco tempo.	O custo inicial para um sistema de monitoramento pode ser alto.
Análise de óleo lubrificante	Método não destrutivo	Determinar o momento exato da troca do lubrificante e identificar sintomas de desgaste dos componentes	Coleta de óleo com posterior monitoramento quantitativo de partículas sólidas presentes no fluido, além de análise química e física.	Permite verificar o nível de desgaste de componentes e "prever" substituições que precedam as falhas; garante o bom funcionamento do componente.	Necessidade de aparato laboratorial eficiente.

Na Tabela 2 pode-se observar as características das quatro principais técnicas preditivas no que se diz respeito ao tipo, objetivo, técnicas, vantagens e desvantagens de cada um dos métodos adotados.

2.2 Melhoria Contínua

De acordo com Xenos (1998) ao invés de simplesmente voltar com as máquinas às suas configurações iniciais após a avaria, é necessário praticar a melhoria contínua dos equipamentos, alterando de maneira pragmática os padrões de operação, manutenção e projeto. Para que isso seja possível, é preciso uma investigação profunda das causas da falha, o que pode ser feito através do uso de técnicas como o PDCA.

2.2.1 PDCA

O ciclo PDCA é definido por Xenos (1998) como o método universal para atingir metas, sendo este dividido em quatro etapas distintas: Planejamento (PLAN), Execução (DO), Verificação (CHECK) e Atuação (ACTION). De maneira simplificada, a Figura 1 ilustra as etapas.

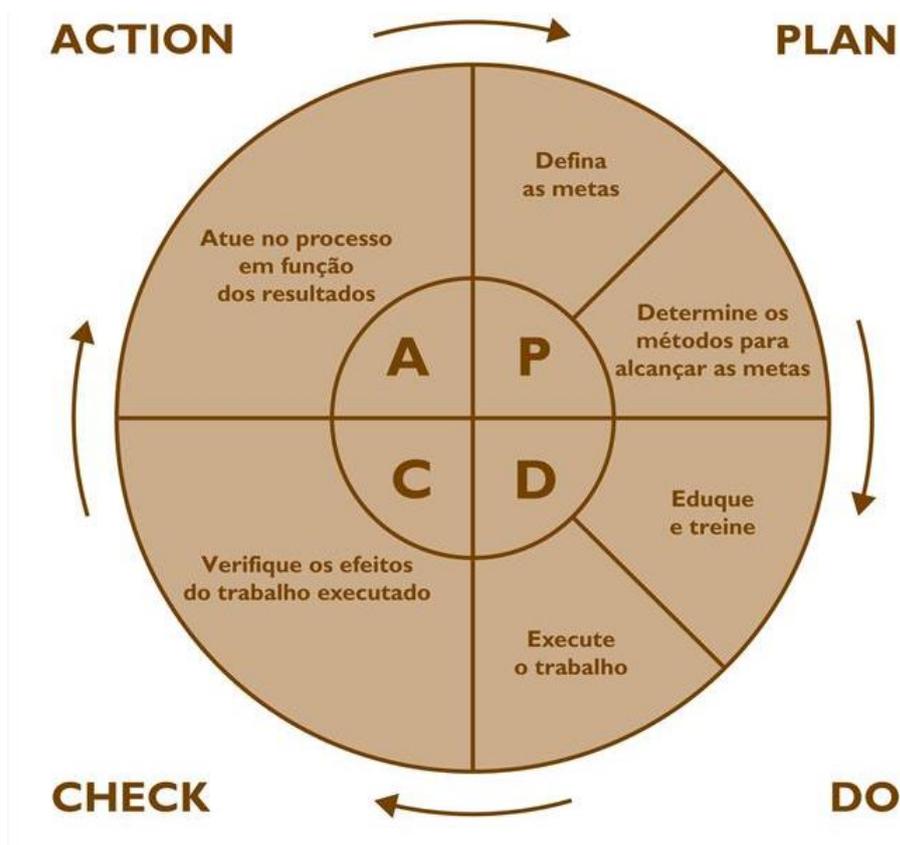


Figura 1 - Ciclo PDCA
Fonte: Werkema (2012, p.31)

Segundo Xenos (1998), as etapas consistem em:

- Planejamento (PLAN) - estabelecer metas e métodos para alcançá-las;
- Execução (DO) - orientar as pessoas envolvidas nos métodos que serão utilizados;
- Verificação (CHECK) - verificar o progresso dos resultados do trabalho executado;
- Atuação (ACTION) - atuar no processo visando corrigir resultados que não estão evoluindo em direção a meta.

Tal ciclo PDCA é aplicado para diversos setores da indústria, sendo necessário o cumprimento sistemático de cada uma das etapas do processo para garantir a sua eficácia.

Na fase do planejamento são realizados procedimentos de identificação do problema, reconhecimento das características do problema, descoberta das causas principais (Diagrama de Ishikawa) e criação de um plano de ação com as contramedidas às causas principais. Após essa elaboração do plano de ação, começa a fase de execução, que consiste na atuação de acordo com o plano de ação. Após conclusão o plano de ação, começa a fase de verificação, que consiste na confirmação da efetividade da ação. Por fim, na fase de atuação, é feita a padronização para casos em que houve eliminação efetiva das causas e revisão das atividades e planejamento para trabalho futuro.

2.2.1.1 Plan - Planejamento

A etapa de planejamento é considerada a mais importante do ciclo PDCA, pois as outras etapas dependem da quantidade e qualidade dos dados obtidos nessa etapa.

De acordo com Campos (2001), para a correta execução dessa etapa são necessários os seguintes procedimentos:

- Identificação do problema
- Estabelecimento de meta corretiva
- Análise do fenômeno
- Análise das causas
- Elaboração de um plano de ação

A identificação do problema deve definir de maneira clara a importância do estudo (SELEME & STADLER, 2008). Logo, primeiro deve-se avaliar se o problema é um ponto crítico da empresa, através da hierarquização por ordem de importância, essa análise deve indicar os principais problemas e separá-los para a aplicação do método (SELEME & STADLER, 2008).

Além disso, segundo Aguiar (2002) deve-se avaliar também se a meta está bem-posicionada, pois há uma grande diferença entre aumentar os níveis de lucratividade de um determinado produto e reduzir os desperdícios na produção dele. Os resultados financeiros podem estar próximos, no entanto, as ações e desenvolvimento do projeto serão diferentes (AGUIAR, 2002). Um fluxograma utilizado para identificação do problema é apresentado na Figura 2.

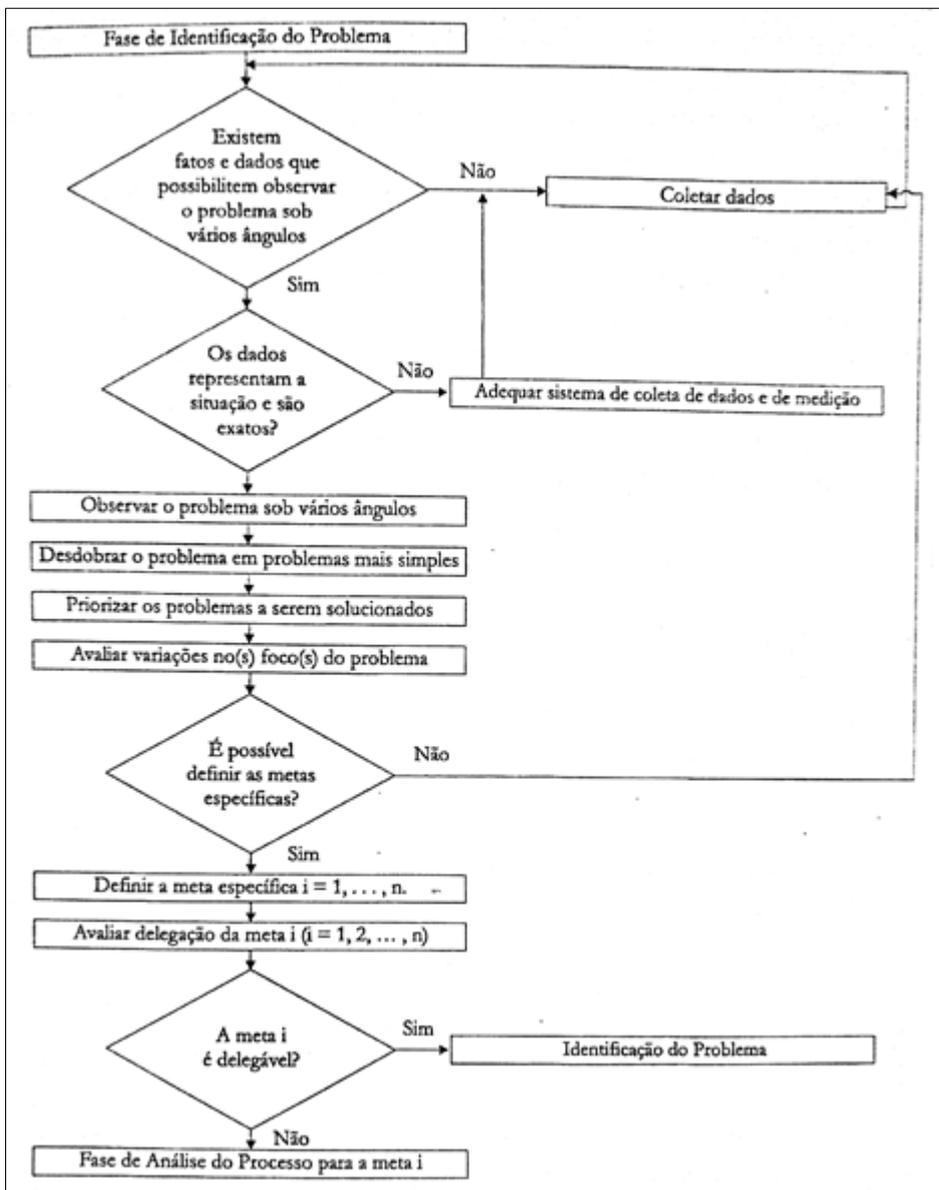


Figura 2 - Fluxograma para identificação do problema
Fonte: Aguiar (2002)

2.2.1.2 Do - Execução

Para que essa etapa seja bem executada, é necessário um bom plano de ação, feito na etapa *Plan*. Logo, nessa parte trata-se da execução e cumprimentos do plano de ação de maneira ordenada, gradual e organizada, de forma a atingir a melhor eficiência possível (ANDRADE, 2003).

O plano de ação deve ser apresentado para toda a equipe, para que todos saibam das suas funções e os resultados esperados delas. Em grande parte dos casos, se faz necessário o treinamento de funcionários para realização das ações de maneira mais correta.

2.2.1.3 Check - Verificação

De acordo com Aguiar (2002), a etapa *Check* trata da verificação das metas, atestando se essas foram atingidas. Nesta etapa deve ser feito o avanço para etapa de padronização (*Action*), caso a meta tenha sido atingida, ou então reiniciar o ciclo para o caso contrário. Caso seja necessário reiniciar o ciclo, é importante que o trabalho anterior não seja descartado, mas sim complementado com medidas adicionais, além de manter padronizados os resultados atingidos no primeiro ciclo (AGUIAR, 2002).

2.2.1.4 Action - Atuação

A etapa *Action* é considerada a etapa de mais simples entendimento, porém de difícil execução. É aqui que os resultados são consolidados e padronizados, ou seja, requer o envolvimento de toda equipe (AGUIAR, 2002).

Nessa etapa tem que ser feito um novo padrão de processo ou alterar o padrão existente, essa alteração normalmente exige um novo treinamento da equipe e constante verificação da execução desses padrões. Sendo assim, é importante que o acompanhamento seja feito até a consolidação dos novos padrões, o funcionário deve entender que a mudança é necessária e se adaptar a essa mudança de rotina (MELO & CARAMORI, 2001).

2.3 Gestão da manutenção

A gestão da manutenção é o processo de supervisionar o funcionamento regular dos recursos técnicos. Além de recursos permanentes como máquinas, equipamentos, instalações e ferramentas (FIELD CONTROL, 2021). Para Oliveira (2016), gestão da manutenção é “o ato de administrar, gerir um conjunto de ações com a finalidade de manter os equipamentos e instalações em condições aceitáveis para o funcionamento adequado.”

Sendo assim, para uma melhor gestão da manutenção, são necessários objetivos e metas visando uma maior eficácia, ou seja, melhor aproveitamento de mão-de-obra, máquinas e equipamentos. Logo, a manutenção pode trabalhar de diversas formas para alcançar suas metas. Para isso, são utilizadas estratégias que, devidamente combinadas, são capazes de proporcionar os resultados esperados. Segundo Kardec e Nascif (2009), a mudança estratégica na manutenção pode gerar melhorias tais como:

- Aumento da disponibilidade;
- Aumento do faturamento e do lucro;
- Aumento da segurança pessoal e das instalações;
- Redução da demanda de serviços;
- Redução de custos;
- Redução de lucros cessantes;
- Preservação ambiental.

Sendo assim, Takahashi e Osada (1993) consideram que o gerenciamento da manutenção deve focar nas seguintes tarefas:

- Restringir os investimentos em equipamentos desnecessários;
- Utilizar ao máximo os equipamentos existentes;
- Melhorar a taxa de utilização do equipamento para a produção;
- Garantir a qualidade do produto, através do uso do equipamento;
- Reduzir a mão-de-obra de baixo custo, através da melhoria dos equipamentos;
- Reduzir os custos de energia e materiais adquiridos, através de inovações no equipamento e melhorias dos métodos de sua utilização.

Além dessas tarefas, várias ferramentas são utilizadas para melhorar ou facilitar a gestão da manutenção em uma organização, dentre elas pode-se citar o Diagrama de Pareto, o

Diagrama de Ishikawa, entre outras. Os profissionais de manutenção necessitam de treinamento constante, sendo este um fator decisivo para a qualidade da manutenção (XENOS, 1998)

2.3.1 Treinamentos

Segundo Xenos (1998), o desenvolvimento das habilidades das pessoas é a base do gerenciamento da manutenção em qualquer organização. O treinamento desempenha um papel essencial na gestão da manutenção, com ele as equipes de manutenção podem aprimorar suas habilidades para realizarem um melhor uso das ferramentas e técnicas de manutenção (XENOS, 1998).

Xenos (1998) aborda que é preciso “avaliar continuamente a eficácia do treinamento através da avaliação do desempenho das pessoas que receberam o treinamento”. Aborda também que todo treinamento deve ter utilidade e os conhecimentos adquiridos devem ser aplicados na prática o mais rápido possível.

2.3.2 Ferramentas da qualidade

Para uma boa gestão da manutenção devem ser utilizadas ferramentas da qualidade, que são ferramentas que fornecem informações para a investigação dos pontos críticos de controle, identificando possíveis inconformidades. Para isso, é necessário entender a funcionalidade de cada ferramenta, para que elas não se tornem ineficazes. Assim foi utilizado para a realização desse estudo algumas ferramentas como o Diagrama de Pareto e o Diagrama de Ishikawa.

2.3.2.1 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é um gráfico na forma de barras, essas são ordenadas da mais alta para a mais baixa, combinadas com uma curva traçada mostrando o percentual acumulado a cada barra (WERKEMA, 2012). Para a elaboração de um gráfico de Pareto é necessária uma prévia estratificação, ou seja, também é necessária uma coleta de dados consistente.

No gráfico, assim como apresentado na Figura 3, a curva de percentagem acumulada pode ser útil para definir quantos problemas devem ser resolvidos, a fim de obter certo resultado. (ROTONDARO, 2002).

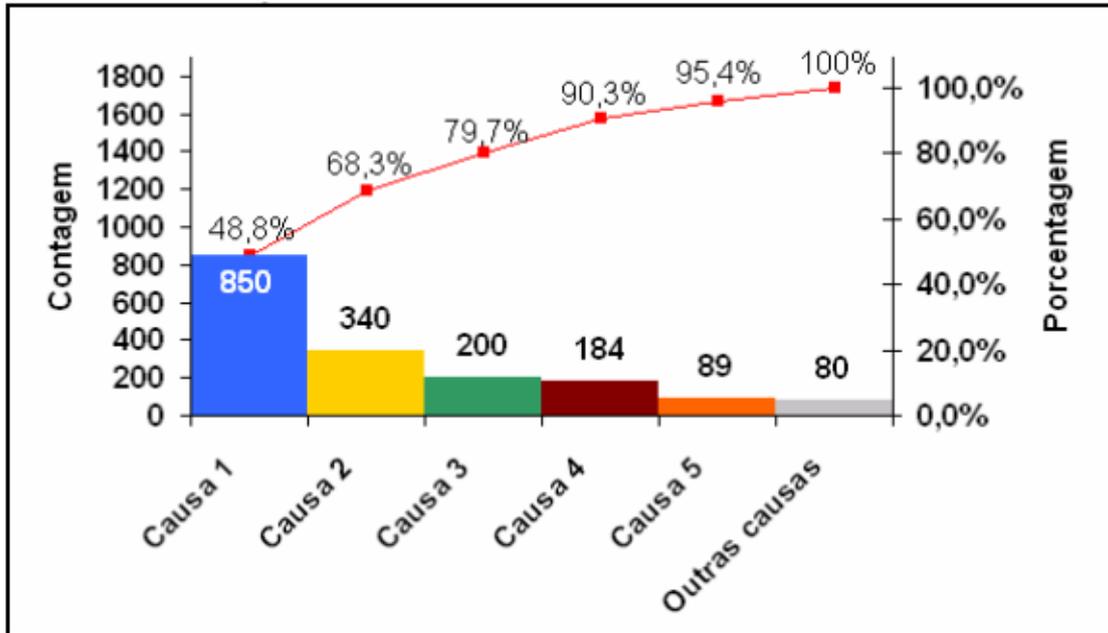


Figura 3 - Exemplo de gráfico de Pareto
 Fonte: Aguiar (2002)

2.3.2.2 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa ou diagrama Espinha de Peixe, é uma ferramenta que foi desenvolvida por Kaoru Ishikawa em 1943 com o propósito de explicar para uma equipe como diversos fatores de um mesmo processo estavam relacionados (TRIVELLATO,2010). A ferramenta é um meio de se relacionar causas de desvio, dividindo as causas de um problema em seis vertentes: mão de obra, matéria-prima, método, máquina, meio ambiente e medida. Esta divisão pode ser observada na Figura 4.

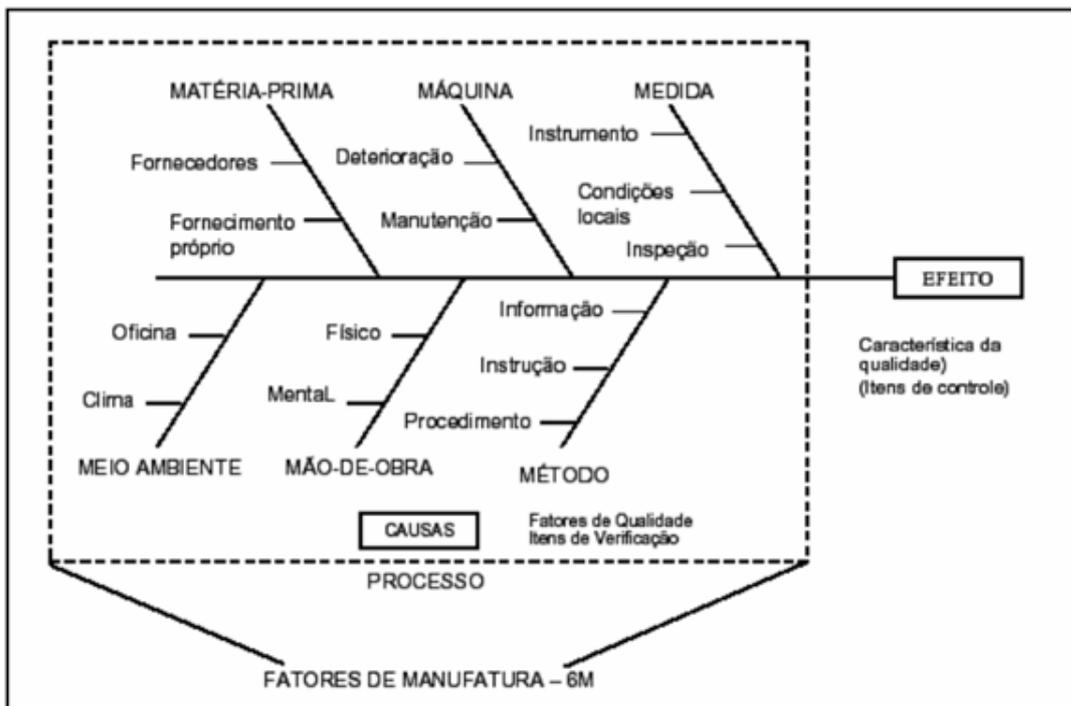


Figura 4 – Exemplo de diagrama de Ishikawa
 Fonte: Campos (2004)

Para levantar as causas do processo ilustradas na Figura 4, o diagrama de Ishikawa é empregado nas sessões de “brainstorming” realizadas nos trabalhos em grupo (WERKEMA, 2012).

O uso em conjunto das duas ferramentas estatísticas apresentadas, diagrama de Pareto e diagrama de Ishikawa, permite um aprimoramento do processo de coleta, processamento e disposição das informações, o que contribui para aumentar a eficiência do giro do PDCA (WERKEMA, 2012).

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a descrição dos procedimentos necessários para a realização do estudo, explicitando os métodos adotados no seu desenvolvimento.

3.1 Tipos de pesquisa

Quanto aos objetivos, uma pesquisa pode ser classificada como descritiva, exploratória e explicativa (GIL, 2008), sendo assim, podemos definir tais tipos da seguinte maneira:

- Pesquisa descritiva – Tem como objetivo expor características de determinada população ou determinado fenômeno. Não possui necessidade de explicar os fenômenos descritos; (MORESI, 2003)
- Pesquisa exploratória – Realizada em área de pouco conhecimento acumulado, não admite hipóteses e figura como o primeiro passo para quem não conhece suficientemente o campo no qual pretende realizar abordagem; (MORESI, 2003)
- Pesquisa explicativa – Tem como objetivo justificar motivos, dar entendimento a algo, visando esclarecer fatores determinantes da ocorrência de determinado fenômeno (MORESI, 2003).

Já quanto a forma de abordagem, sendo essa a forma como se guia um determinado estudo (LAKATOS & MARCONI, 2001), uma pesquisa pode ser classificada como:

- Quantitativa – Usa uma linguagem matemática, descreve fenômenos e variáveis através de técnicas analíticas ou estatísticas; (MORABITO & PUREZA, 2010).
- Qualitativa – Dá prioridade à relação entre contexto e ação, sendo um método indutivo, procurando ligar teoria aos fatos, conforme ocorrência de episódios e interpretação e descrição deles. (NAKANA & BERTO, 2000)

Por fim, quanto aos procedimentos técnicos, dentre as inúmeras classificações, pode-se classificar uma pesquisa como:

- Pesquisa bibliográfica – De acordo com Lakatos e Marconi (2001), visa colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto. Para Gil (2008), é uma pesquisa desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.

- Pesquisa documental – Apresenta semelhanças com a pesquisa bibliográfica, se diferem quanto a natureza das fontes, visto que essa utiliza materiais que não receberam tratamento analítico, como os documentos e relatórios de empresas. (GIL, 2008)
- Pesquisa experimental – quando se utiliza de variáveis capazes de realizar mudanças no objeto de estudo, nessa pesquisa são traçadas formas de controle e observação dos efeitos sob o objeto. (GIL, 2008)
- Levantamento – é obtido através de entrevista direta de pessoas, muito útil para estudo de um comportamento, geralmente utiliza análise quantitativa para tirar conclusões sobre os dados coletados, um exemplo desse tipo de pesquisa é o censo. (GIL, 2008)
- Estudo de campo – é feito através da observação direta de atividades do grupo estudado, busca o aprofundamento em uma realidade específica, gera interpretações do que ocorre naquela realidade. (GIL, 2008)
- Estudo de caso - Consiste na observação de fatos e fenômenos da maneira como ocorrem, coleta-se os dados e registros relevantes, para assim analisá-los. Tem como objetivo conseguir informação e conhecimento sobre um problema. (LAKATOS & MARCONI, 2001)

Diante disso, classifica-se este trabalho em uma pesquisa exploratória quanto ao objetivo e em uma pesquisa qualitativa quanto a forma de abordagem. Já em relação aos procedimentos técnicos pode-se classificar esse trabalho como uma pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso, no qual se objetiva analisar a aplicação da metodologia PDCA na gestão da manutenção. O trabalho se inicia com uma consulta nos bancos de dados, além de uma consulta bibliográfica de livros e documentos científicos com o tema de estudo, para assim avaliar sua aplicação com foco no gasto com implementos em equipamentos móveis de mineração.

3.2 Materiais e métodos

Os materiais e métodos utilizados no estudo estão dispostos na Figura 5.

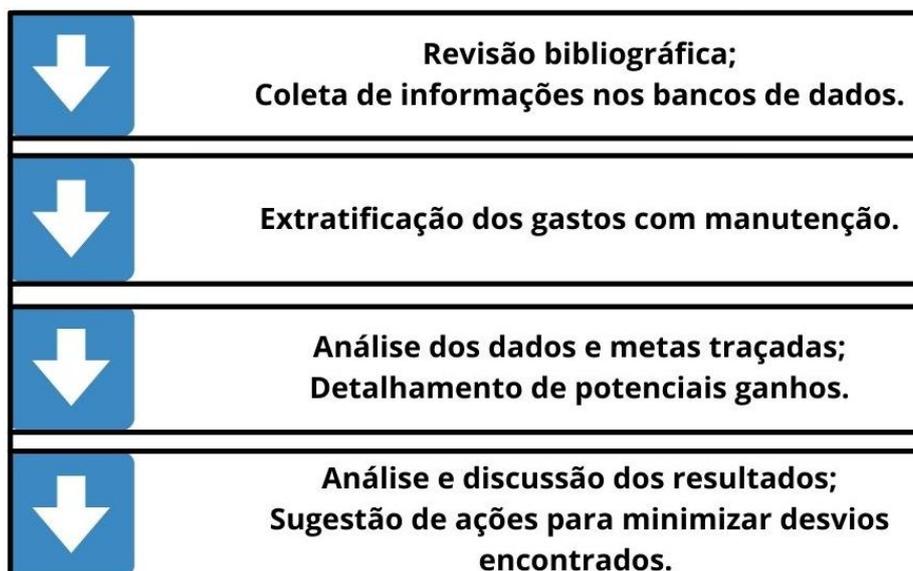


Figura 5 - Materiais e métodos
Fonte: Pesquisa direta (2021).

Inicialmente foi feita uma revisão bibliográfica e coleta de valores no banco de dados da empresa de mineração, e os dados foram filtrados e analisados para uma visão mais assertiva dos maiores gastos da gerência.

A coleta dos dados possibilitou a construção de gráficos mais detalhados, os dados foram agrupados por frotas (modelo das máquinas) e por seus respectivos implementos, que assim foram utilizados para elaboração de gráficos de Pareto.

Dos vários gastos existentes nessa gerência da empresa, foram considerados como principais objetos de estudos, os serviços e materiais de manutenção.

As causas foram discutidas em reuniões de inspetores e supervisores de manutenção, buscando ações para melhoria dos gastos empregados. Através das análises realizadas, foi possível avaliar o que podia ser melhorado no processo de manutenção e assim modificado o plano de manutenção. Foram estabelecidos prazos para que as ações prioritárias fossem aplicadas.

O estudo foi finalizado com discussão dos resultados obtidos das ações utilizadas para reduzir os excessivos gastos. No próximo capítulo o estudo de caso é abordado de maneira mais detalhada, realizando a apresentação dos gastos e dos equipamentos envolvidos, além dos resultados obtidos.

3.3 Variáveis e indicadores

Segundo Lakatos e Marconi (2001), uma variável pode ser considerada como uma classificação ou medida, sendo assim algo que é passível de mensuração. As variáveis de pesquisa podem ser definidas como algo que varia, observável e quantificável. Para Köche (2009), as variáveis podem ser propriedades, aspectos, características individuais, ou fatores mensuráveis, sendo diferenciadas em um objeto de estudo através dos valores que assumem para testar a relação enunciada em uma posição.

Tabela 3 - Variáveis e indicadores

Variáveis	Indicadores
Metodologia PDCA	Plan
	Do
	Check
	Action
Gestão da manutenção	Diagrama de Pareto
	Diagrama de Ishikawa
	Custos da manutenção

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Observa-se pela Tabela 3 que as variáveis utilizadas foram a metodologia PDCA e a gestão da manutenção, já os indicadores que foram utilizados para controlar o processo de melhoria são: as etapas *Plan*, *Do*, *Check* e *Action* da metodologia PDCA; além do Diagrama de Pareto, do Diagrama de Ishikawa e dos custos empregados no setor de manutenção da empresa estudada.

3.4 Instrumento de coleta de dados

Os dados foram obtidos através de relatórios de um sistema via intranet que realiza interface com o Oracle e Maximo. Com as informações obtidas nesses dois sistemas são emitidos relatórios para acompanhamento dos gastos.

O Oracle é o sistema de finanças oficial da empresa estudada, nele são contidos todas os contratos com fornecedores, cadastro de ativos, compras realizadas, cadastro de pagamento de serviços, ou seja, todas as movimentações financeiras estão contidas nesse sistema.

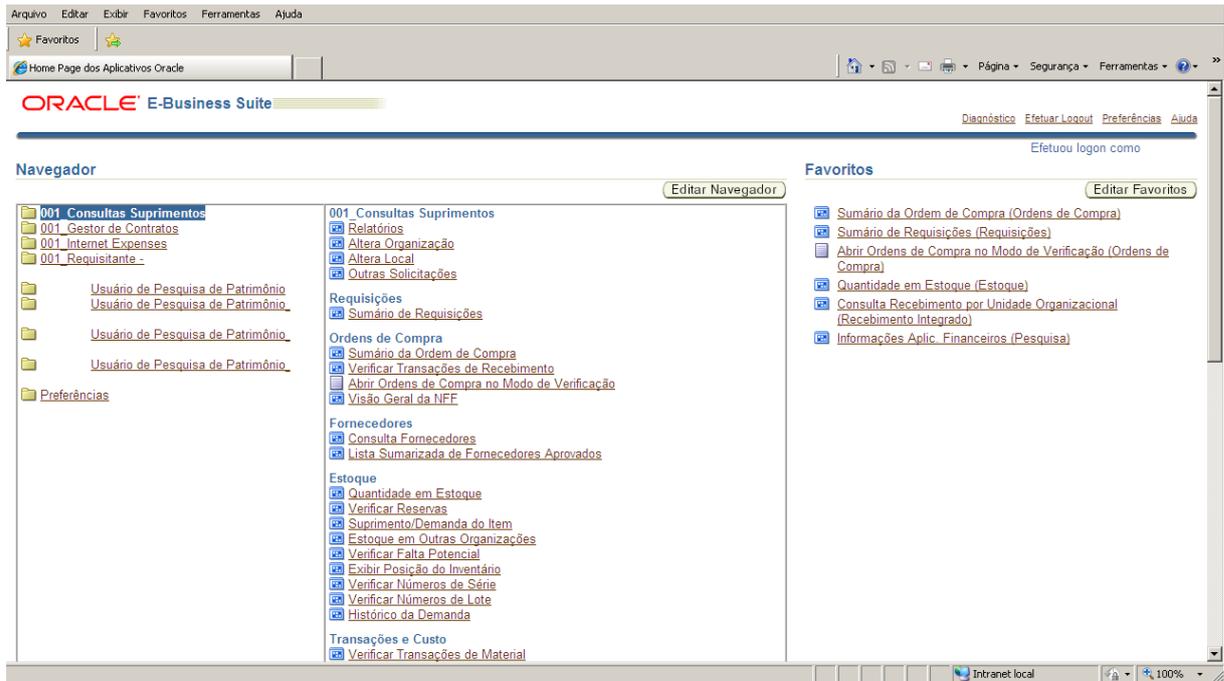


Figura 6 - Tela sistema Oracle.
Fonte: Pesquisa direta (2017).

O Maximo é o sistema informatizado de manutenção da empresa, nele estão cadastrados todos os ativos bem como o histórico de manutenção dos mesmos e controle das futuras intervenções. Nesse sistema também são realizadas as aquisições de serviços e materiais.

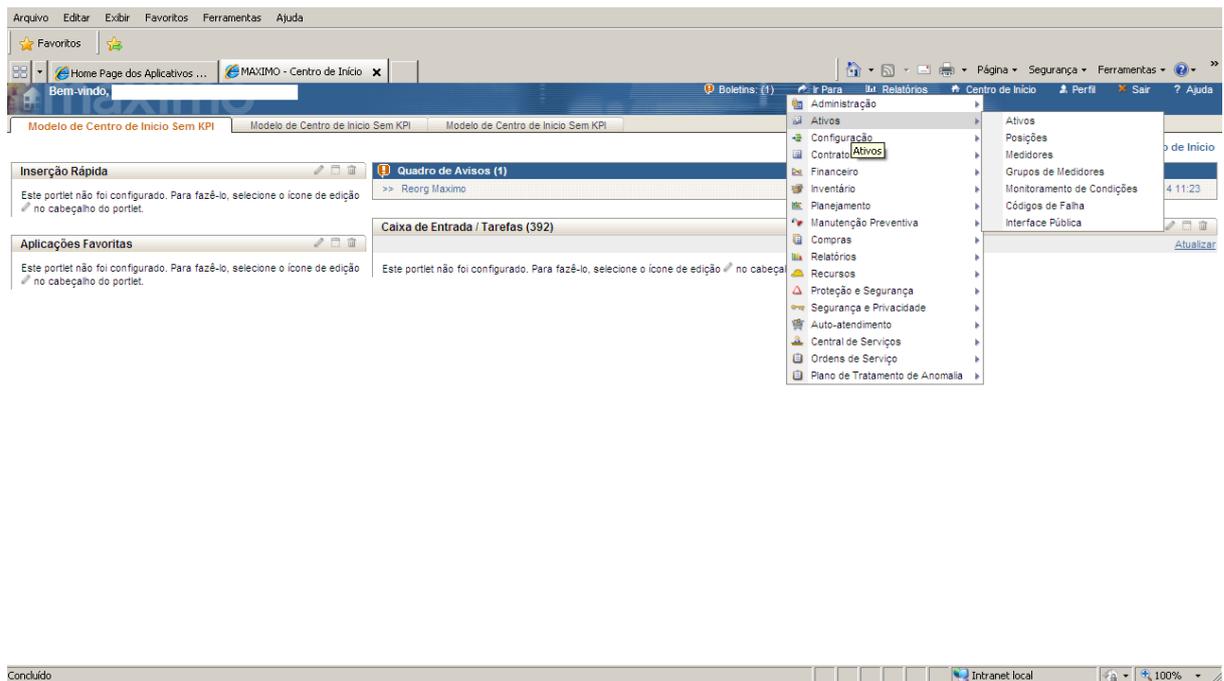


Figura 7 - Tela sistema Maximo.
Fonte: Pesquisa direta (2017).

Os sistemas Maximo e Oracle possuem interface entre si, pois toda informação e movimentação financeira deve estar registrada no sistema Oracle.

3.5 Tabulação dos dados

A tabulação dos dados colhidos foi feita através do *software Microsoft Excel*, que com a utilização de gráficos e tabelas, permitiu uma melhor visualização das informações. A documentação dos dados será feita no *Microsoft Word*.

3.6 Considerações finais

Neste capítulo foram apresentadas as ferramentas utilizadas para a aplicação da metodologia PDCA, assim como os instrumentos escolhidos para a análise do objeto em questão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Descrição da empresa/setor

Este estudo foi realizado em uma mineradora brasileira, sendo que grande parte dos seus resultados financeiros são provenientes da produção e exportação de minério de ferro. A Figura 8 apresenta um organograma simplificado do setor de manutenção da empresa estudada. Neste cenário, o estudo é aplicado na gerência de manutenção de equipamentos móveis.

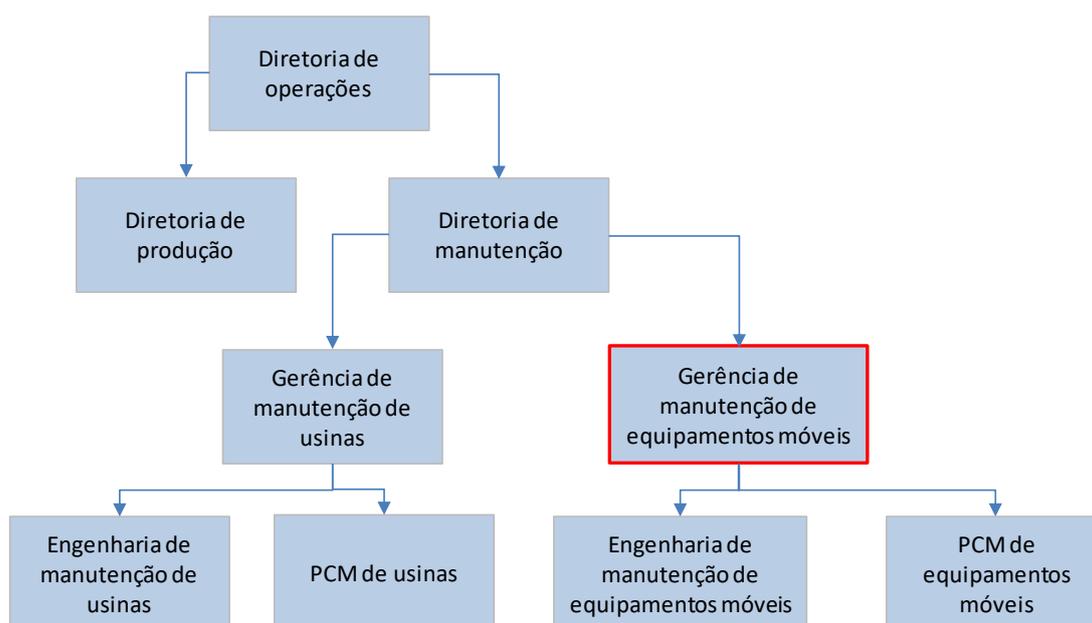


Figura 8 – Organograma da empresa.
Fonte: Pesquisa direta (2021).

Conforme apresentado na Figura 8, a direção de operações é responsável pela diretoria de produção e pela diretoria de manutenção, além de fazer a gestão dos ativos da empresa. No organograma também pode ser visto que a diretoria de manutenção se divide em gerência de manutenção de usinas e de equipamentos móveis. A gerência de manutenção de equipamentos móveis é responsável por gerir as frotas de perfuratrizes, pás carregadeiras, escavadeiras, motoniveladoras, retroescavadeiras, tratores de esteira, tratores de pneu, caminhões basculantes e caminhões fora-de-estrada.

Na diretoria de operações dessa empresa é notável uma preocupação com projetos de melhoria contínua. Esta preocupação é perceptível devido a constante oferta de treinamentos de formação de *Green Belts* e *Black Belts* na metodologia Seis Sigma.

Além disso, é comum na empresa a formação de grupos de CCQ (Círculos de Controle da Qualidade), que é uma ferramenta da qualidade aplicada na resolução de problemas.

Segundo Ferro e Grande (1997), CCQ é um grupo de pessoas reduzido, entre cinco e doze pessoas, que se reúnem periodicamente para identificar, analisar e propor melhorias para diversos temas de seu trabalho, como qualidade, produtividade e segurança. Esse estudo surgiu de um grupo de CCQ formado por funcionários do PCM de equipamentos móveis, mas que contou com o auxílio de funcionários da engenharia de manutenção de equipamentos móveis para sua execução.

Na empresa, estas equipes são formadas normalmente por funcionários de uma mesma área. Embora os problemas sejam muitas vezes de simples resolução, as ações apresentam resultados significativos na produtividade e segurança dos próprios participantes e colegas de trabalho. Os participantes dos grupos de CCQ também recebem treinamento na aplicação da metodologia PDCA e no uso de ferramentas da qualidade, disseminando conhecimento entre os mais variados níveis da empresa.

4.2 Diagnóstico da situação

Inicialmente foi feita uma coleta de valores no banco de dados da empresa de mineração, os dados foram filtrados e analisados em porcentagem para uma visão mais assertiva dos maiores gastos da gerência, como apresentado na Tabela 4.

A coleta de dados foi realizada utilizando o período de um ano. O ano de coleta de valores não foi divulgado nesse estudo, pois esses valores são dados sensíveis da empresa. Logo, todas as datas foram omitidas do estudo para apresentação dos valores sem afetar o sigilo solicitado pela empresa.

Tabela 4 - Gastos gerais

Resumo Orçamento	
Grupo de Contas	Valor gasto (%)
Materiais de Manutenção	50,28%
Pessoal / Gastos	29,33%
Serviços de Manutenção	12,16%
Outros gastos relacionados a Pessoal	2,97%
Outros serviços operacionais	1,61%
Insumos	1,29%
Outros	0,79%
Óleo Diesel	0,66%
Infraestrutura e Apoio	0,61%
Outros combustíveis / Gases Industriais	0,21%
Energia Elétrica	0,08%
Tributos e Contribuições	0,03%
TOTAL	100,00%

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Através do acompanhamento de gastos da gerência, conforme destacado na Tabela 4, verifica-se que o custo relacionado à materiais e serviços de manutenção representa 62,44% do orçamento de custeio previsto, sendo esse percentual o resultado da soma dos 50,28% empregados em materiais de manutenção e dos 12,16% empregados em serviços de manutenção. Além disso, observou-se uma alta variação no patamar dos valores executados no ano.

Sendo assim, dos vários gastos existentes nessa gerência da empresa estudada, estes foram considerados como principais objetos de estudo, visto o impacto mostrado no orçamento total e a limitação de atuação do grupo nos gastos com pessoal.

Estratificando os gastos relativos aos grupos de contas de materiais e serviços de manutenção, identificou-se que os maiores custos são relativos a reformas de implementos (*trucks*, cilindros, caçambas e lâminas), representando 16,3% do orçamento de materiais e 43% do orçamento de serviços, conforme Figura 9 e 10.

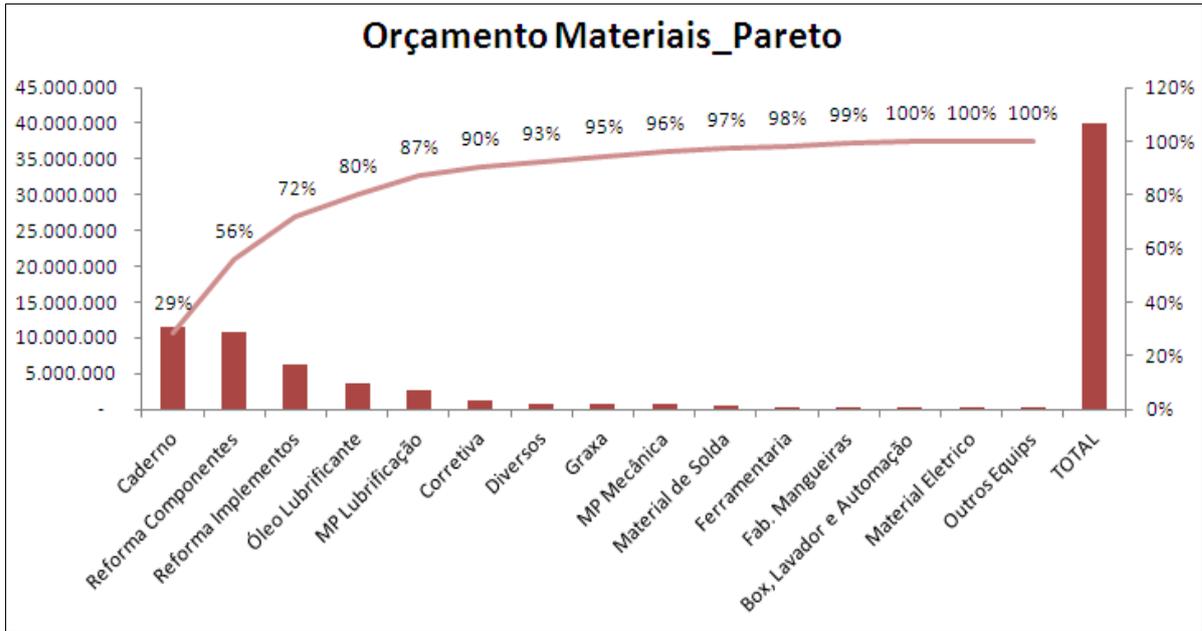


Figura 9 - Orçamento de materiais de manutenção.
Fonte: Pesquisa direta (2021).

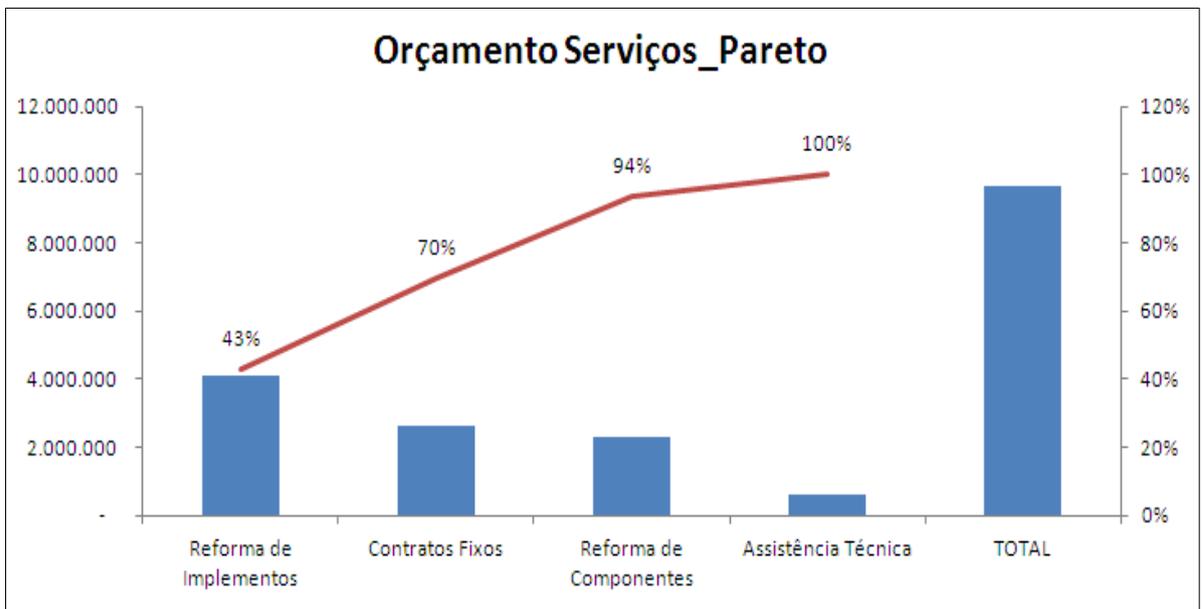


Figura 10 - Orçamento de serviços de manutenção.
Fonte: Pesquisa direta (2021).

Na Figura 9, o valor de 16,3% referente ao orçamento de materiais de manutenção não fica tão evidente pois a linha com marcadores representa a porcentagem acumulada de gastos, sendo necessário analisar a diferença entre a barra anterior de gastos com componentes e a barra posterior que inclui os gastos com reforma de implementos, como os valores estão

arredondados, é visto 72% acumulado na barra que representa a reforma de implementos e 56% acumulado na barra anterior. A Figura 10 mostra o orçamento de serviços de manutenção, como a reforma de implementos é o maior gasto dos serviços, esse valor já fica expresso na primeira barra do gráfico que representa 43% do orçamento total.

Para possibilitar a construção de gráficos mais detalhados, posteriormente os dados foram separados por grupos e depois por frotas (modelo das máquinas), que assim foram utilizados para elaboração de gráficos de Pareto, esses são apresentados na etapa *Plan*.

4.3 Aplicação do PDCA

Nesta etapa é apresentado o ciclo PDCA para melhoria dos gastos empregados nos serviços e materiais de manutenção, apresentando as análises gráficas e suas considerações, descrevendo assim as atividades realizadas em cada etapa do ciclo.

4.3.1 Planejamento (PLAN)

4.3.1.1 Identificação do problema

Inicialmente, foi feita a identificação do problema, logo após foi definido o indicador base para mensurar os resultados, a meta de ganhos potenciais com o projeto, a cronologia dessa etapa de identificação do problema do Ciclo PDCA, que pode ser mais bem visualizada na Figura 11.

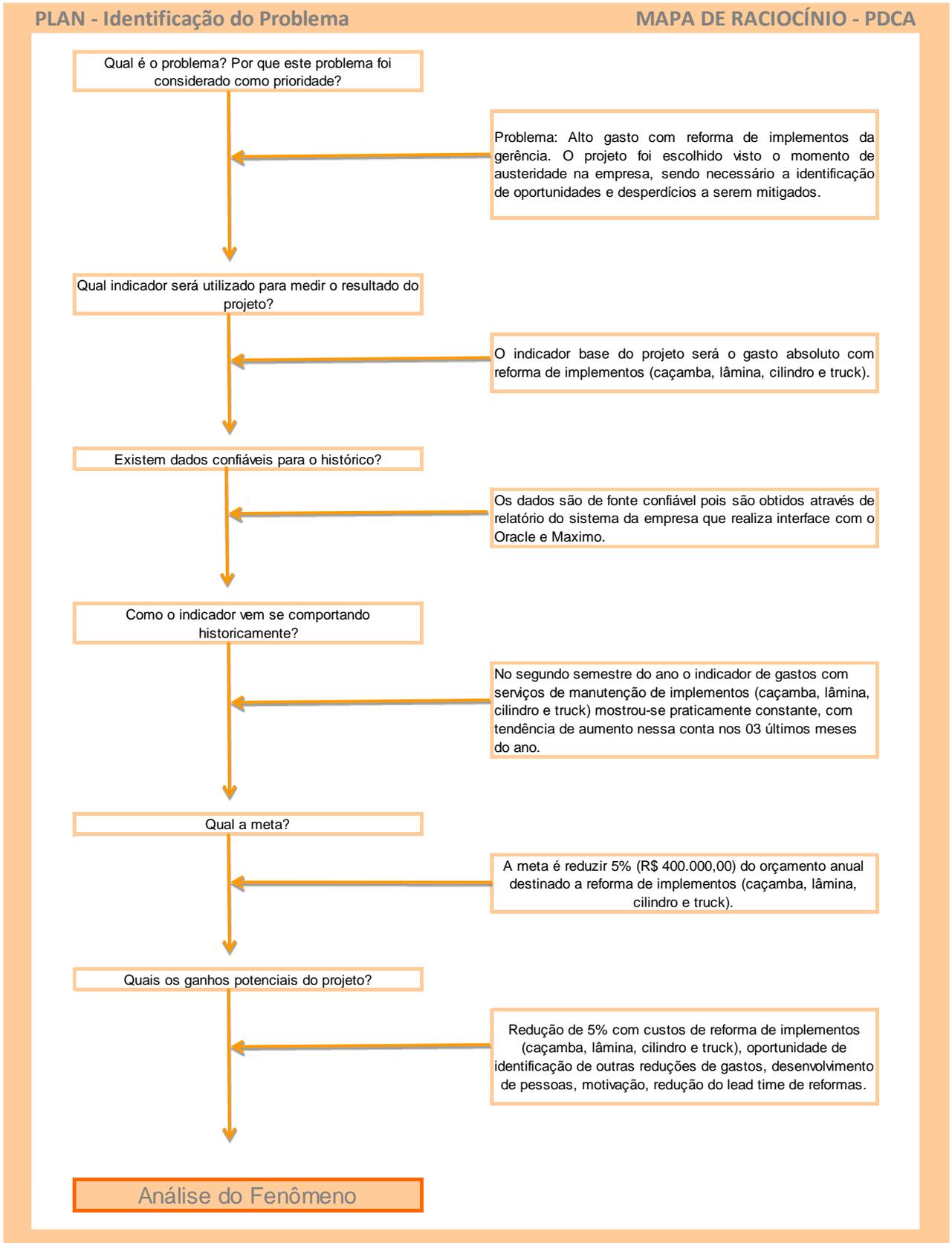


Figura 11 - Fluxograma de identificação do problema.
Fonte: Pesquisa direta (2021).

Seguindo o mapa de raciocínio ilustrado na Figura 11, foi vista uma oportunidade de ganhos com a reforma de implementos (caçambas, lâminas, *trucks* e cilindros) pois representa uma parcela significativa do orçamento de materiais e do orçamento de serviços.

Foi definida então a meta de redução de 5% com custos de reforma de implementos, o equivalente a R\$ 400.000, uma redução considerável para o orçamento anual, além da oportunidade de identificação de outras reduções de gastos, desenvolvimento de pessoas e redução do *lead time* de reformas.

4.3.1.2 Análise do fenômeno

Inicia-se então a etapa de análise do fenômeno, onde o problema é estratificado por grupos, e se prioriza a aplicação do PDCA nas frotas que possuem maior valor total gasto. Posteriormente definem-se as metas específicas para cada uma das frotas.

A Figura 12 mostra as etapas desenvolvidas na análise do fenômeno.

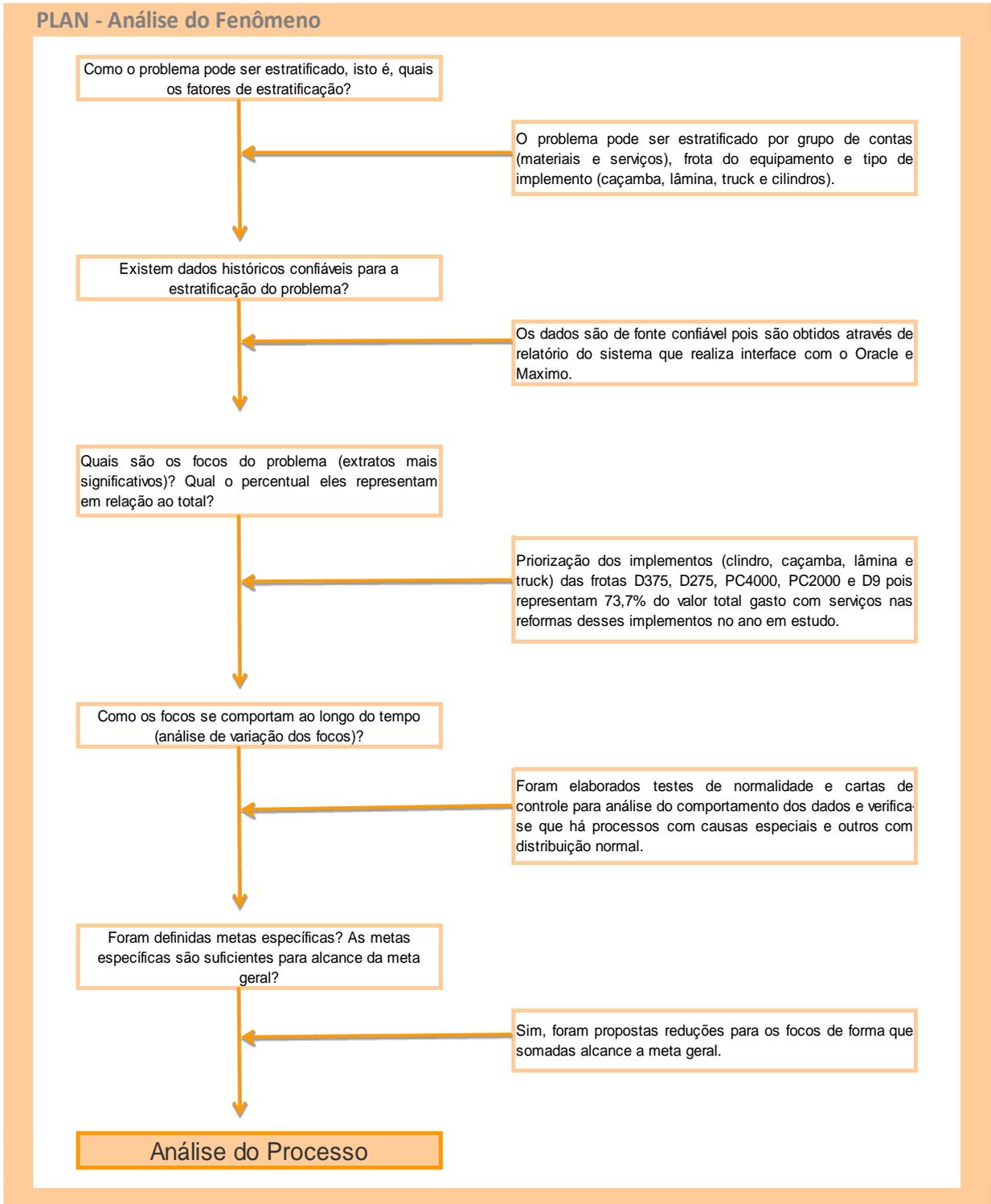


Figura 12 - Fluxograma de análise do fenômeno.
Fonte: Pesquisa direta (2021).

Conforme apresentado na Figura 12, a estratificação do problema seguiu as seguintes etapas: primeiramente foram escolhidos os grupos de contas de materiais e serviços de manutenção para serem analisados, posteriormente esses gastos foram separados por frota de

equipamentos, conforme apresentado na Figura 13. As legendas da Figura 13 representam as frotas de equipamentos analisadas.

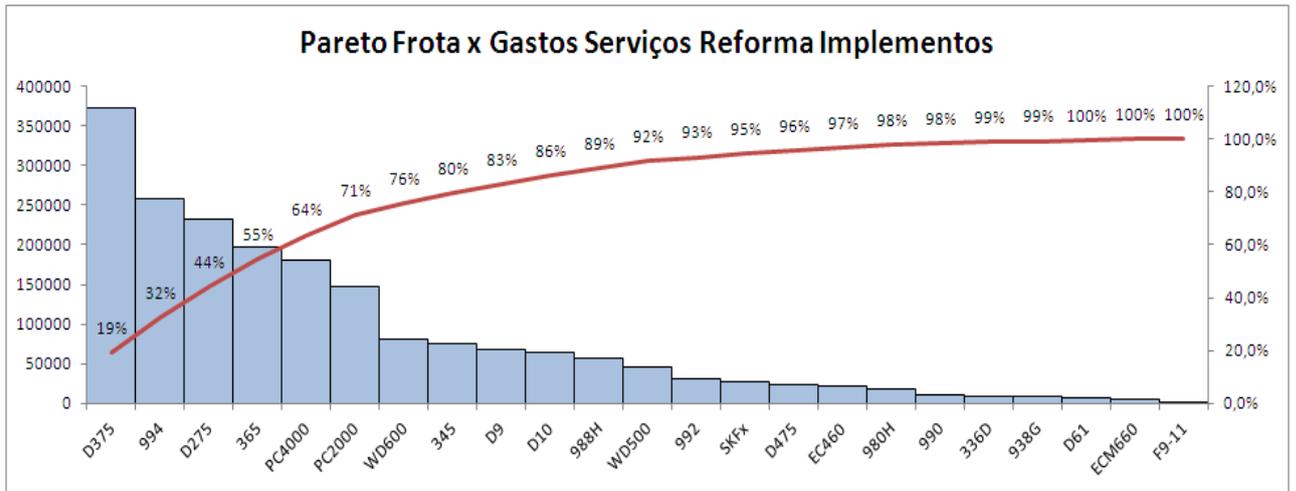


Figura 13 - Diagrama de Pareto dos gastos de serviços de manutenção dividido por frotas de equipamentos móveis.

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Posteriormente, estratificou-se os tipos de implementos que impactavam nos gastos com serviços de manutenção. A Figura 14 mostra o Diagrama de Pareto dos gastos com serviços ordenados por implemento e a Figura 15 ilustra o Diagrama de Pareto com os serviços ordenados por frota mas desta vez com a divisão de gasto de cada implemento.

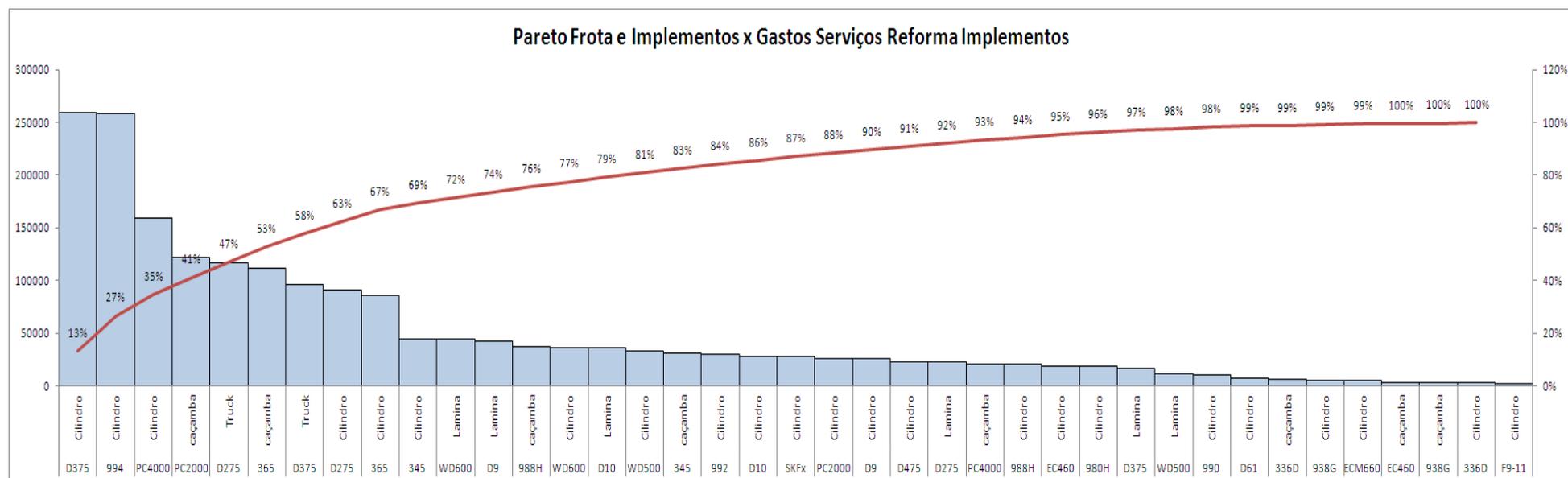


Figura 14 - Diagrama de Pareto dos gastos de serviços de manutenção dividido por implementos.
 Fonte: Pesquisa direta (2021).

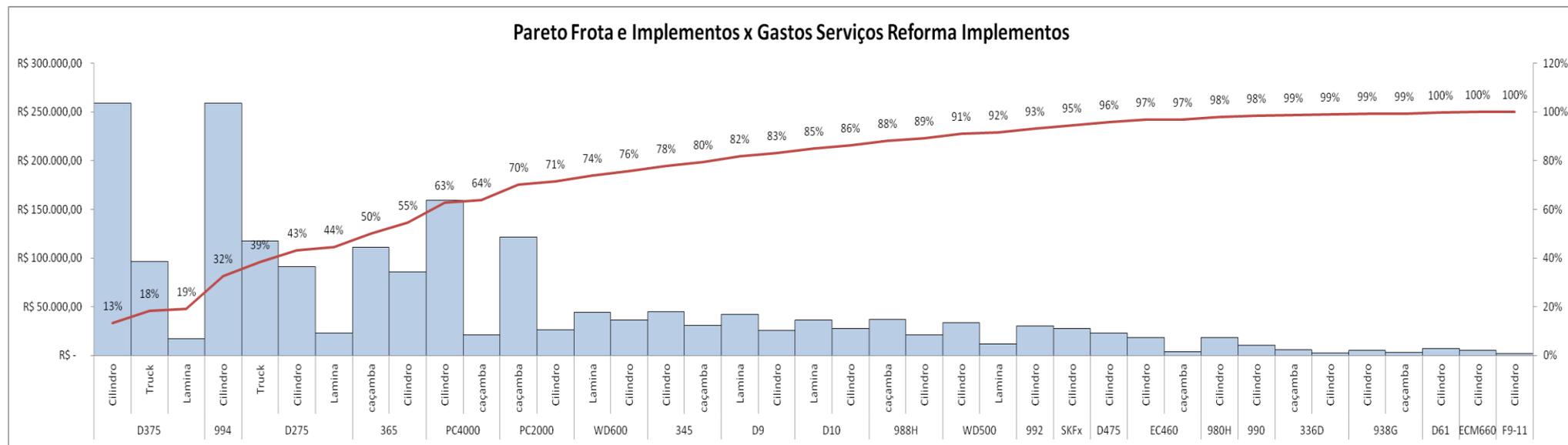


Figura 15 - Diagrama de Pareto dos gastos de serviços de manutenção dividido por frotas e seus respectivos implementos.
Fonte: Pesquisa direta (2021).

Analisando a Figura 14, observa-se que os maiores gastos são relativos a:

- Cilindros de D375 (trator de esteira), Cat994 (carregadeira), PC4000 (escavadeira), D275 (trator de esteira), Cat365 (escavadeira) e Cat345 (escavadeira);
- Caçambas de PC2000 (escavadeira) e Cat365 (escavadeira);
- *Trucks* de D375 (trator de esteira) e D275 (trator de esteira);
- Lâminas de WD600 (trator de pneu) e D9 (trator de esteira).

Visto isso, foi feita então uma priorização desses implementos específicos, a priorização representou 73,71% do valor total gasto com serviços nas reformas desses implementos. No gráfico da figura 14, os implementos priorizados são representados nas doze primeiras barras.

Os gastos totais também foram estratificados utilizando o diagrama de árvore, conforme apresentado na Figura 16. As marcações em vermelho na Figura 16 representam os implementos e frotas que foram priorizadas na aplicação do PDCA. São os mesmos gastos apresentados nos diagramas de Pareto das Figuras 14 e 15, desta vez mais detalhados, os implementos lá selecionados, aqui estão com bordas vermelhas na última coluna.

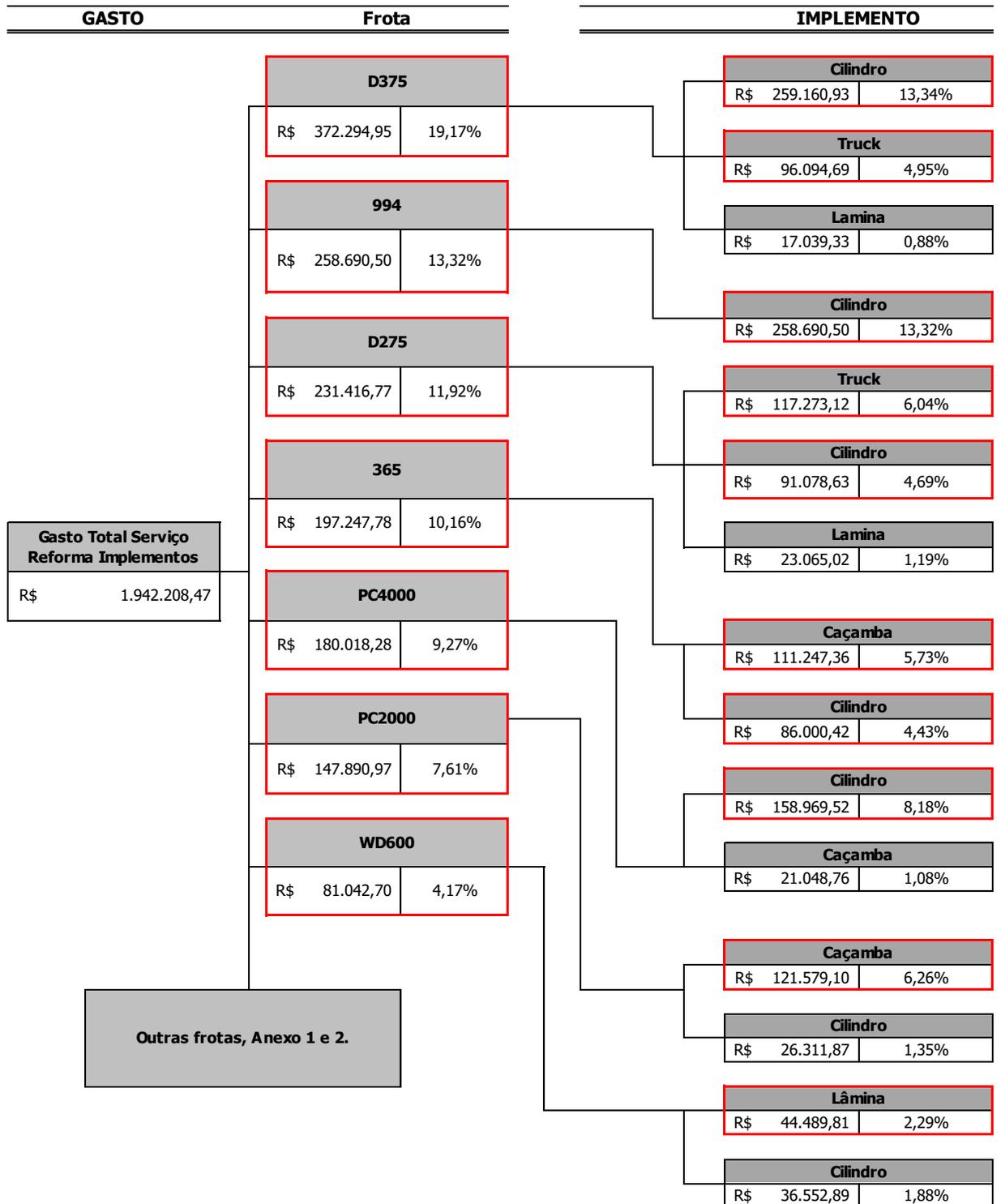


Figura 16 – Diagrama dos gastos com reforma de implementos.
Fonte: Pesquisa direta (2021).

4.3.1.3 Análise do processo

Inicia-se então a etapa de análise do processo, com objetivo de descobrir as principais causas dos problemas e quais deverão ser tratadas.

O fluxograma da Figura 17 mostra o mapa de raciocínio utilizado nessa etapa.

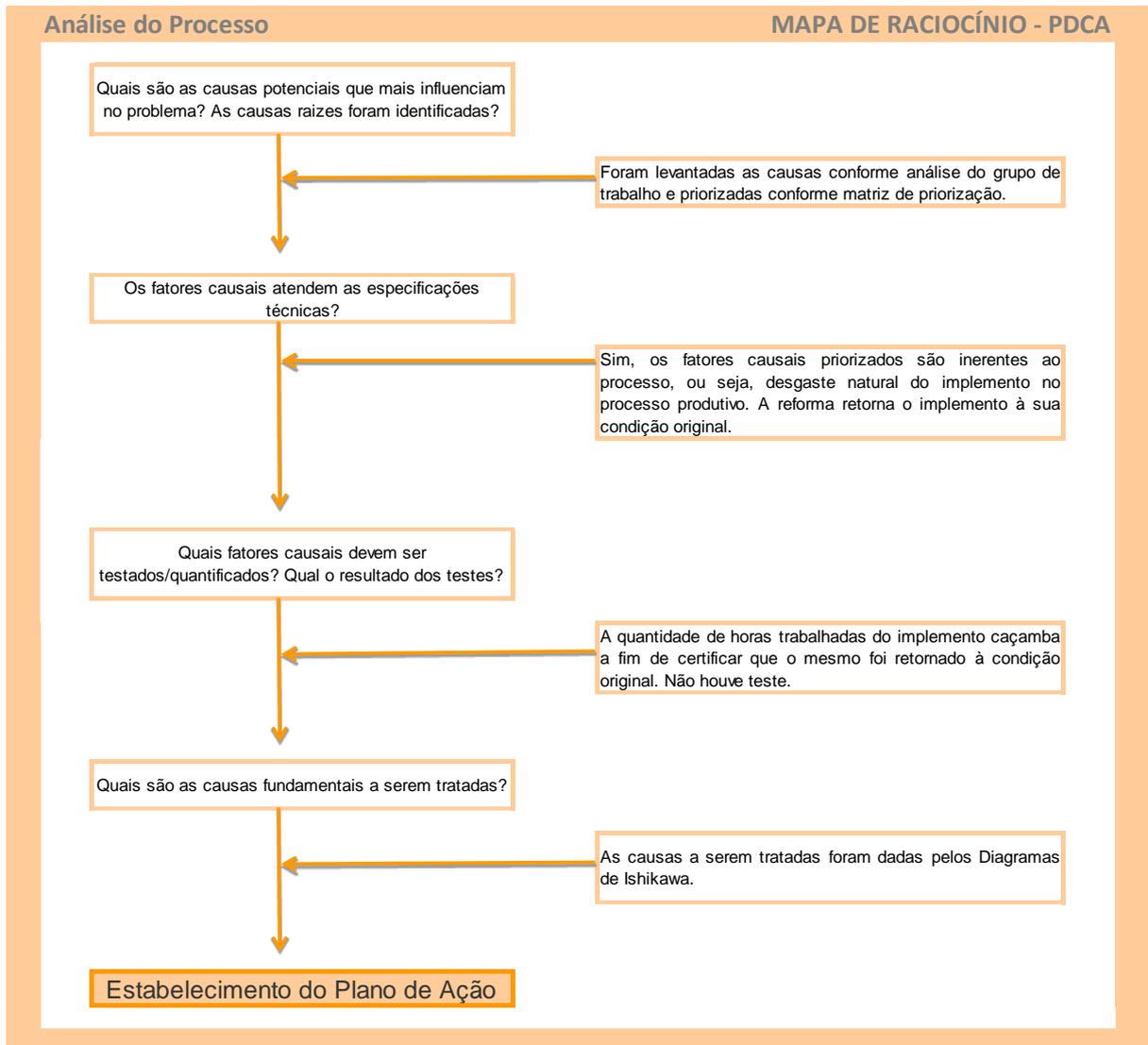


Figura 17 – Fluxograma da etapa de análise do processo.
Fonte: Pesquisa direta (2021).

Conforme o fluxograma da Figura 17, para levantamento das causas a serem tratadas, o grupo de trabalho adotou como forma de priorização as causas cujo poder de atuação por parte do grupo é maior e as causas onde há maior conhecimento técnico. Com base no histórico de reformas, considerou-se que após a reforma os implementos voltavam a condição de novo e original. No entanto, especificamente para as caçambas, eram necessários testes para confirmar essa consideração, tais testes não foram feitos.

As Figuras 18 e 19 mostram o levantamento das causas feitas através da utilização do Diagrama de Ishikawa para cilindro e *truck* de D375 (trator de esteira). O mesmo procedimento foi realizado para todos os implementos priorizados, os diagramas se encontram nos Anexos 3 a 12. As causas foram levantadas através de um “*brainstorming*”, analisando o problema e realizando a pergunta: “Por que isto está acontecendo?”. As causas foram separadas em seis grupos, sendo eles: medida, método, material, mão de obra, meio ambiente e máquina. O mesmo padrão foi utilizado para todos os implementos anteriormente priorizados na etapa de análise do fenômeno.

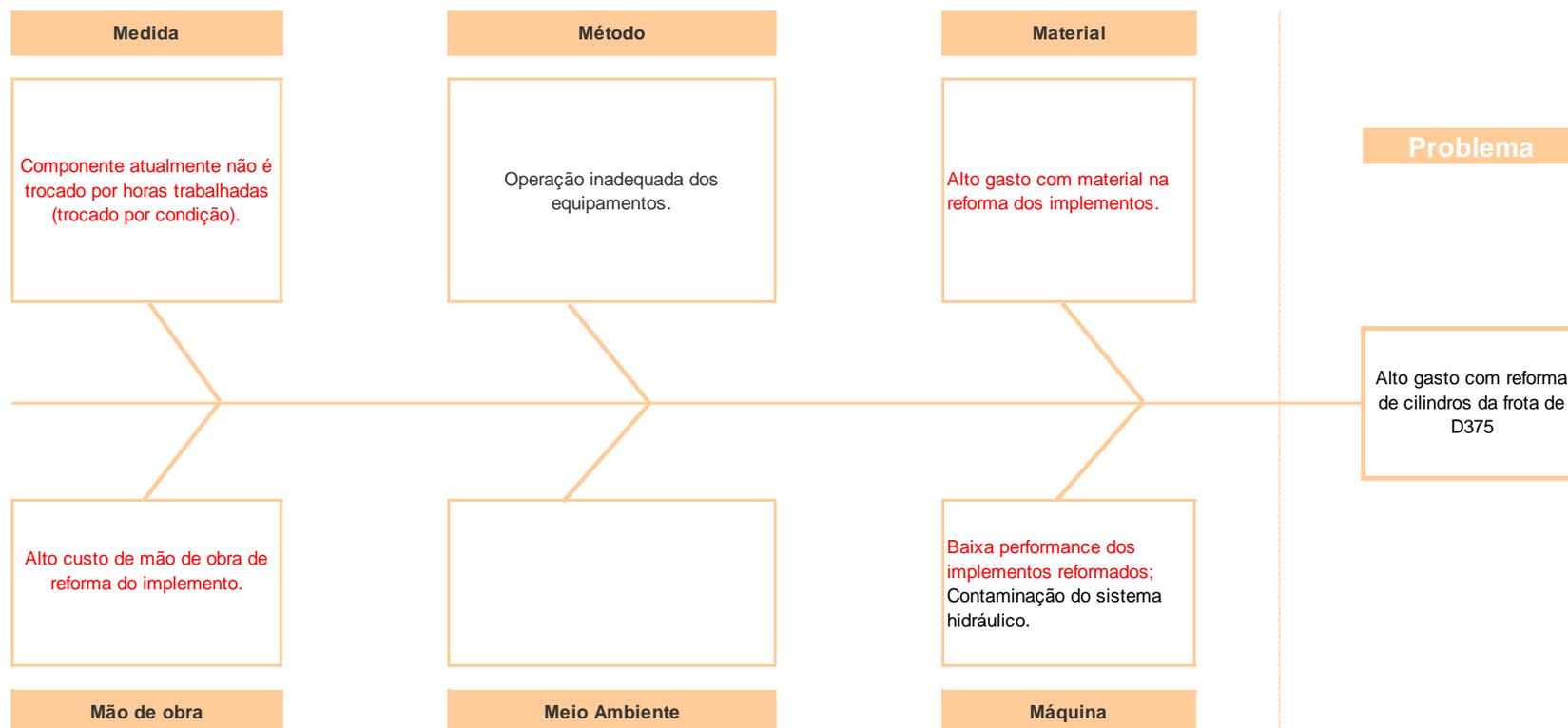


Figura 18 – Diagrama de Ishikawa para gasto com reforma de cilindros da frota de D375.
Fonte: Pesquisa direta (2021).

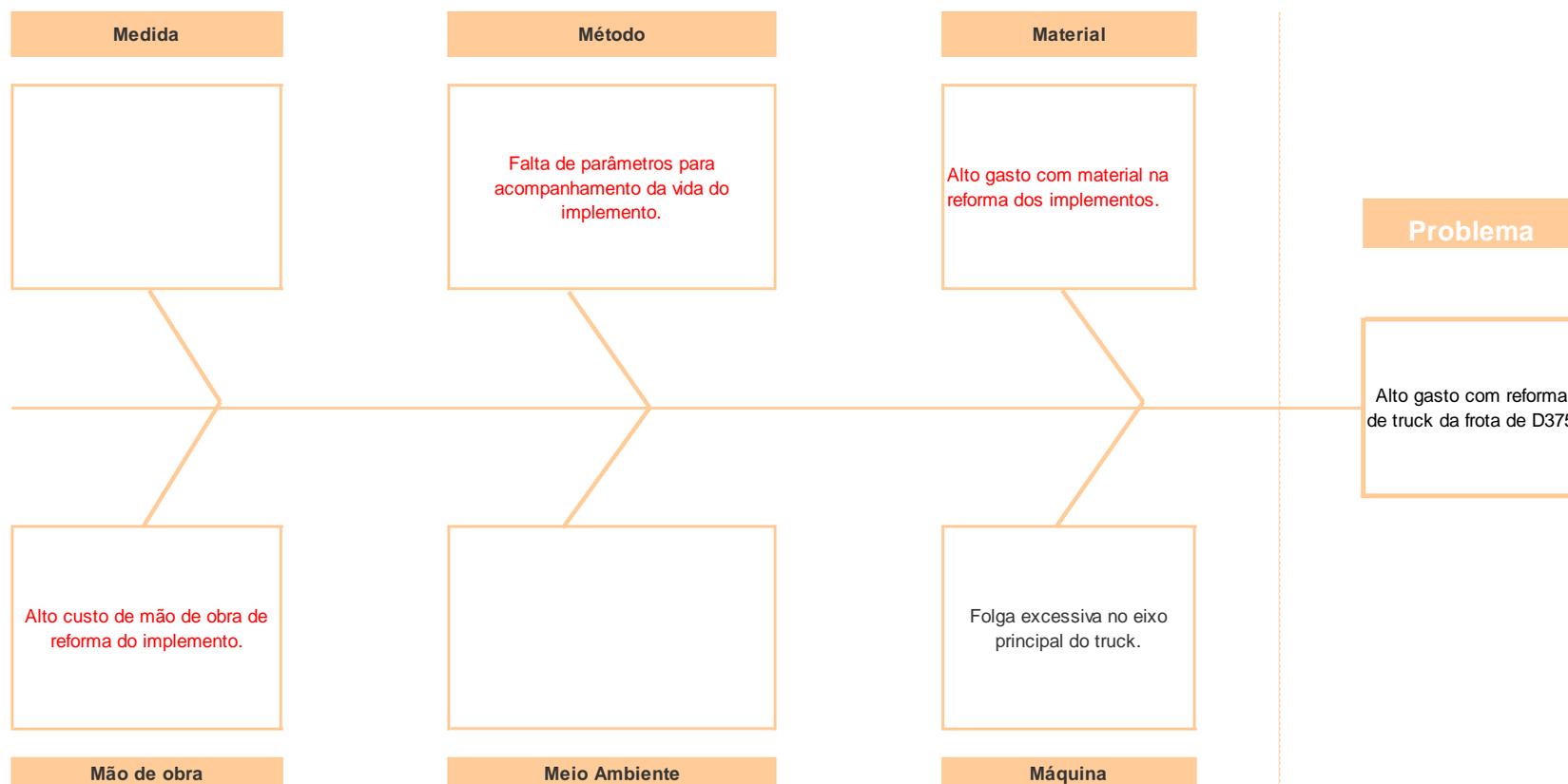


Figura 19 - Diagrama de Ishikawa para gasto com reforma de *truck* da frota de D375.
Fonte: Pesquisa direta (2021).

Logo, através dos diagramas de Ishikawa apresentados, chega-se as causas fundamentais a serem tratadas, a Tabela 5 mostra de maneira mais simplificada essas causas.

Tabela 5 – Causas a serem tratadas.

Alto gasto com reforma de cilindros da frota de D375	Alto gasto com reforma de truck da frota de D375	Alto gasto com reforma de cilindros da frota de Cat 994	Alto gasto com reforma de truck da frota de D275	Alto gasto com reforma de cilindros da frota de D275	Alto gasto com reforma de cilindros da frota de Cat 365	Alto gasto com reforma de caçamba da frota de Cat 365	Alto gasto com reforma de cilindros da frota de PC4000	Alto gasto com reforma de caçamba da frota de PC2000	Alto gasto com reforma de Lamina da frota de WD600	Alto gasto com reforma de cilindro da frota de Cat 345	Alto gasto com reforma de Lamina da frota de D9	CAUSAS A SEREM TRATADAS:
X		X		X	X							Componente atualmente não é trocado por horas trabalhadas (troca por condição).
X	X	X	X	X	X	X						Alto custo no custo de mão-de-obra de reforma do implemento.
X					X		X					Baixa performance dos implementos reformados.
	X	X	X	X	X	X		X				Alto gasto com material na reforma dos implementos.
	X		X			X		X	X		X	Falta de parâmetros para acompanhamento da vida do implemento.

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Analisando a Tabela 5, nota-se que nem todas as causas levantadas através do uso do diagrama de Ishikawa foram consideradas como causas a serem tratadas. Para listagem da tabela foi levado em conta a criticidade, o poder de atuação e o potencial de ganho. Essa avaliação foi feita pela visão dos envolvidos no trabalho, principalmente dos inspetores de manutenção, que possuíam maior conhecimento da criticidade dos implementos.

4.3.1.4 Estabelecimento do plano de ação

Para finalizar a etapa de planejamento do ciclo PDCA, é necessário estabelecer um plano de ação. Sendo assim, foram levantadas as possíveis soluções para as causas a serem tratadas. A Tabela 6 mostra as possíveis soluções para cada causa do trabalho.

Tabela 6 – Causas a serem tratadas e suas possíveis soluções.

D375 CILINDRO	D375 TRUCK	994 CILINDRO	D275 TRUCK	D275 CILINDRO	365 CAÇAMBA	365 CILINDRO	PC4000 CAÇAMBA	PC4000 CILINDRO	PC2000 CAÇAMBA	CAUSAS A SEREM TRATADAS	POSSÍVEIS SOLUÇÕES
X		X		X		X		X		Alto gasto com serviço de reforma dos cilindros.	Aquisição de bancadas para reforma interna dos cilindros (montagem/desmontagem e teste)
	X		X							Alto gasto com serviço de reforma dos trucks.	Realizar a reforma interna dos trucks utilizando mão de obra interna.
					X		X		X	Alto gasto com serviço de reforma das caçambas.	Realizar a reforma interna de caçambas utilizando mão de obra interna
					X		X		X	Alto gasto com material na reforma dos implementos.	Medição do desgaste dos adaptadores para definir necessidade de troca no momento da reforma.
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Alto gasto com material na reforma dos implementos.	Fornecedores alternativos com menor custo para aquisição dos materiais de aplicação.
	X		X		X		X		X	Alto gasto com serviço de reforma dos implementos.	Emissão de contrato para locação de máquinas de solda para agilidade e qualidade nas reformas, máquinas atuais estão obsoletas, além da demora de manutenção das mesmas.
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Alto gasto com serviço de reforma dos implementos.	Adequação do espaço físico para garantir qualidade das reformas.
	X		X		X		X		X	Falta de parâmetros para acompanhamento da vida útil do implemento.	Definição de parâmetros de desgaste ideais para retirada do implemento para reforma.
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Alto gasto com serviço de reforma dos implementos.	Consultoria de empresas especializadas em reformas para capacitação e treinamento da mão de obra interna.
X		X		X		X		X		Alto gasto com serviço de reforma dos cilindros.	Providenciar ferramental necessário para realizar reformas dos cilindros.
X		X		X		X		X		Alto gasto com serviço de reforma dos cilindros.	Verificar fornecedores alternativos de serviços de usinagem/cromagem de cilindros.

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Posteriormente, as possíveis soluções apresentadas na Tabela 6 foram priorizadas baseando-se sobre os critérios: impacto sobre a causa, complexidade, custo e prazo. A priorização levou em conta notas dadas pelo grupo de trabalho, e a Tabela 7 mostra as notas atribuídas para cada possível solução e os pesos dos critérios utilizados.

Tabela 7 – Pesos e critérios utilizados para cada possível solução.

POSSÍVEIS SOLUÇÕES	Peso				Total
	10	8	8	6	
	Impacto sobre a causa	Complexidade	Custo	Prazo	
Aquisição de bancadas para reforma interna dos cilindros (montagem/desmontagem e teste)	5	5	3	1	120
Realizar a reforma interna dos trucks utilizando mão de obra interna.	5	5	5	5	160
Realizar a reforma interna de caçambas utilizando mão de obra interna	5	5	5	5	160
Medição do desgaste dos adaptadores para definir necessidade de troca no momento da reforma.	3	5	5	5	140
Fornecedores alternativos com menor custo para aquisição dos materiais de aplicação.	5	1	5	1	104
Emissão de contrato para locação de máquinas de solda para agilidade e qualidade nas reformas, máquinas atuais estão obsoletas, além da demora de manutenção das mesmas.	5	3	3	3	116
Adequação do espaço físico para garantir qualidade das reformas.	5	3	5	3	132
Definição de parâmetros de desgaste ideais para retirada do implemento para reforma.	5	5	5	5	160
Consultoria de empresas especializadas em reformas para capacitação e treinamento da mão de obra interna.	5	3	3	1	104
Providenciar ferramental necessário para realizar reformas dos cilindros.	5	3	3	1	104
Verificar fornecedores alternativos de serviços de usinagem/cromagem de cilindros.	5	1	5	1	104

Fonte: Pesquisa direta (2021).

As notas atribuídas para as possíveis soluções da Tabela 7, seguiram alguns parâmetros, sendo eles representados na Tabela 8.

Tabela 8 – Parâmetro para as notas atribuídas às possíveis soluções.

Impacto sobre a causa:	Complexidade:
Nota 1: Baixo	Nota 1: Alta
Nota 3: Moderado	Nota 3: Moderada
Nota 5: Alto	Nota 5: Baixa
Custo:	Prazo:
Nota 1: Alto	Nota 1: Longo prazo (>3 meses)
Nota 3: Moderado	Nota 3: Médio prazo (3 meses)
Nota 5: Baixo	Nota 5: Curto prazo (1 mês)

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Por fim, foi feito um plano de ação para implementação em larga escala.

4.3.2 Implementação (DO)

Para a execução do plano de ação, as pessoas envolvidas receberam vários treinamentos. A Figura 30 mostra um exemplo de treinamento realizado na empresa durante a implementação das ações.

LISTA DE PRESENÇA		
Descrição: Orientar os empregados a medir as esteiras dos equipamentos toda vez que o mesmo for lubrificado.		<input type="text"/>
Local: Centro de manutenção		Duração: <input type="text"/>
Responsável: <input type="text"/>	Matrícula: <input type="text"/>	
Nome do empregado	Matrícula	Assinatura

Figura 20 – Lista de presença de treinamento realizado.

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Sendo assim, as ações começaram a ser monitoradas por status, para acompanhar se elas estavam sendo realizadas, as Tabelas 9 a 12 mostram o plano de ação e o controle da realização das ações.

Tabela 9 – Controle do plano de ação, parte 1.

D375 CILINDRO	D375 TRUCK	994 CILINDRO	D275 TRUCK	D275 CILINDRO	365 CAÇAMBA	365 CILINDRO	PC4000 CAÇAMBA	PC4000 CILINDRO	PC2000 CAÇAMBA	CAUSAS A SEREM TRATADAS	POSSÍVEL SOLUÇÃO	RESPONSÁVEL	POR QUE?	ONDE?	COMO?	STATUS
X		X		X		X		X		Alto gasto com serviço de reforma dos cilindros.	Aquisição de bancadas de desmontagem/montagem para reforma interna dos cilindros.	Colaborador 1	Ferramenta necessária para reforma dos cilindros.	PCM	Emitindo pedido de compra conforme projeto.	Realizado
X		X		X		X		X		Alto gasto com serviço de reforma dos cilindros.	Aquisição de bancada para teste para reforma interna dos cilindros.	Colaborador 1	Ferramenta necessária para reforma dos cilindros.	PCM	Emitindo pedido de compra.	
	X		X							Alto gasto com serviço de reforma dos trucks.	Realizar a reforma interna dos trucks utilizando mão de obra interna.	Colaborador 2	Para redução de gastos na conta de serviços de reformas.	Oficina de Manutenção	Destinando equipe para realização dos serviços de reforma.	Realizado
					X		X		X	Alto gasto com serviço de reforma das caçambas.	Realizar a reforma interna de caçambas utilizando mão de obra interna.	Colaborador 2	Para redução de gastos na conta de serviços de reformas.	Oficina de Manutenção	Destinando equipe para realização dos serviços de reforma.	Realizado
					X		X		X	Alto gasto com material na reforma dos implementos.	Medição do desgaste dos adaptadores para definir necessidade de troca no momento da reforma.	Colaborador 3	Para certificar a necessidade de troca do adaptador da caçamba conforme a frente de trabalho que a mesma será aplicada.	Oficina de Manutenção	Utilizando aparelho de ultrassom e certificando que o desgaste dos adaptadores estão dentro dos limites toleráveis conforme a futura aplicação do implemento.	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Alto gasto com material na reforma dos implementos.	Realizar lista de materiais utilizados na reforma de implementos.	Colaborador 4	Para planejamento e padronização dos materiais aplicados na reforma evitando desperdícios.	Oficina de Manutenção	Analizando os materiais necessários para reforma do implemento e fazendo lista com quantidade.	

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Tabela 10 - Controle do plano de ação, parte 2.

D375 CILINDRO	D375 TRUCK	994 CILINDRO	D275 TRUCK	D275 CILINDRO	365 CAÇAMBA	365 CILINDRO	PC4000 CAÇAMBA	PC4000 CILINDRO	PC2000 CAÇAMBA	CAUSAS A SEREM TRATADAS	POSSÍVEL SOLUÇÃO	RESPONSÁVEL	POR QUE?	ONDE?	COMO?	STATUS
X		X		X		X		X		Alto gasto com serviço de reforma dos cilindros.	Aquisição de bancadas de desmontagem/montagem para reforma interna dos cilindros.	Colaborador 1	Ferramenta necessária para reforma dos cilindros.	PCM	Emitindo pedido de compra conforme projeto.	Realizado
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Alto gasto com material na reforma dos implementos.	Buscar fornecedores alternativos com menor custo para aquisição dos materiais usados nas aplicações.	Colaborador 5	Afim de reduzir o valor gasto com material nas reformas e verificar no mercado se temos opções maiores de fornecimento.	PCM	Analizando no mercado se temos outras opções de fornecimento.	
	X		X		X		X		X	Alto gasto com serviço de reforma dos implementos.	Emissão de contrato para locação de máquinas de solda para agilidade e qualidade nas reformas, máquinas atuais estão obsoletas além da demora de manutenção das mesmas.	Colaborador 1	Para garantir a disponibilidade do recurso para reforma dos implementos, uma vez que a solda é primordial nesses serviços de reforma.	PCM	Pesquisando no mercado empresa que aluga máquinas de solda e realizando a solicitação de contrato.	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Alto gasto com serviço de reforma dos implementos.	Adequação do espaço físico reformas de implementos.	Colaborador 2	Para garantir a qualidade e segurança nas reformas.	Oficina de Manutenção	Analizando e destinando área para as reformas.	Realizado
	X		X		X		X		X	Falta de parâmetros para acompanhamento da vida do implemento.	Estudo para definição de parâmetros de desgaste ideais para retirada do implemento para reforma.	Colaborador 5	Para evitar a retirada antecipada ou desgaste excessivo do implemento podendo inviabilizar reforma.	PCM	Definindo valores mínimo e máximo de desgaste padronizando parâmetros ideais para troca dos implementos.	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Alto gasto com serviço de reforma dos implementos.	Analisar viabilidade de consultoria de empresas especializada em reformas para capacitação e treinamento da mão de obra interna.	Colaborador 4	Para garantia da qualidade dos serviços de reforma.	Oficina de Manutenção	Pesquisando empresa especializada em reformas.	

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Tabela 11 - Controle do plano de ação, parte 3.

D375 CILINDRO	D375 TRUCK	994 CILINDRO	D275 TRUCK	D275 CILINDRO	365 CAÇAMBA	365 CILINDRO	PC4000 CAÇAMBA	PC4000 CILINDRO	PC2000 CAÇAMBA	CAUSAS A SEREM TRATADAS	POSSÍVEL SOLUÇÃO	RESPONSÁVEL	POR QUE?	ONDE?	COMO?	STATUS
X		X		X		X		X		Alto gasto com serviço de reforma dos cilindros.	Realizar levantamento do ferramental necessário para realizar reformas dos cilindros.	Colaborador 4	Para garantir os recursos necessários da reforma.	Oficina de Manutenção	Listando os recursos necessários.	
X		X		X		X		X		Alto gasto com serviço de reforma dos cilindros.	Providenciar ferramental necessário para realizar reformas dos cilindros.	Colaborador 1	Para garantir os recursos necessários da reforma.	Oficina de Manutenção	Emitindo pedido de compra para as ferramentas necessárias.	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Alto gasto com reforma de implementos.	Verificar possibilidade de repotenciamento da ponte rolante.	Colaborador 4	Para garantir os recursos necessários da reforma.	Oficina de Manutenção	Verificando com fornecedor.	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Alto gasto com reforma de implementos.	Revisar procedimento do PCM para envio de implementos para reforma.	Colaborador 1	Para padronização e melhoria dos processos.	PCM	Revisando procedimentos.	
X		X		X		X		X		Alto gasto com serviço de reforma dos cilindros.	Realizar treinamento da mão de obra interna na reforma de cilindros (bancada de montagem/desmontagem e teste)	Colaborador 4	Para garantia da qualidade dos serviços de reforma.	Oficina de Manutenção	Pesquisando empresa especializada em reformas.	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Alto gasto com reforma de implementos.	Elaborar fluxo de abertura de ordem para reforma interna de implementos de forma a simplificar o rastreamento de custos e reformas executadas.	Colaborador 1	Para padronização e melhoria dos processos.	PCM	Revisando procedimentos.	

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Tabela 12 - Controle do plano de ação, parte 4.

D375 CILINDRO	D375 TRUCK	994 CILINDRO	D275 TRUCK	D275 CILINDRO	365 CAÇAMBA	365 CILINDRO	PC4000 CAÇAMBA	PC4000 CILINDRO	PC2000 CAÇAMBA	CAUSAS A SEREM TRATADAS	POSSÍVEL SOLUÇÃO	RESPONSÁVEL	POR QUE?	ONDE?	COMO?	STATUS
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Alto gasto com reforma de implementos.	Verificar viabilidade de cadastro de centro de custo específico para a turma de reforma interna de implementos de forma a simplificar o rastreamento de custos e reformas executadas.	Colaborador 5	Para garantir rastreabilidade e controle dos gastos gerados no processo de reforma interna.	PCM	Criando centro de custo específico e apropriando os gastos.	Realizado
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Alto gasto com reforma de implementos.	Criar rotina de reunião semanal para repasse das demandas dos implementos necessários para aplicação	Colaborador 1	Para garantir disponibilidade do implemento quando necessário.	Oficina de Manutenção	Realizando reuniões de planejamento semanal.	Realizado
X										Alto gasto com reforma de implementos.	Providenciar biombos para realização das atividades de solda.	Colaborador 4	Para maior segurança na realização das atividades.	Oficina de Manutenção	Confeccionando biombos e deixando disponível na oficina.	Realizado
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Alto gasto com reforma de implementos.	Taguear todos os componentes reformados internamente .	Colaborador 4	Para rastreabilidade dos componentes aplicados e medição de performance.	Oficina de Manutenção	Tagueando componentes reformados.	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Alto gasto com reforma de implementos.	Estudar forma de controle para medição de performance dos implementos.	Colaborador 6	Para verificar e comprovar ganhos reais com a reforma interna (tempo de performance com a reforma interna vs reforma externa).	Oficina de Manutenção	Elaborando controle de vida útil dos componentes reformados.	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Alto gasto com reforma de implementos.	Elaborar mapa de 52 semanas para reforma interna de componentes.	Colaborador 1	Para garantir disponibilidade do implemento quando necessário.	PCM	Elaborando mapa de acompanhamento da necessidade de troca do componente.	

Fonte: Pesquisa direta (2021).

É possível notar nas Tabelas 9 a 12, que cada ação era monitorada com descrição do responsável pela sua realização, justificativa daquela ação, onde seria realizada, como seria realizada e quando foi realizada. Algumas ações mostradas nessas tabelas surgiram durante a execução do plano inicial, visto que adaptações como a compra de biombo para solda foram necessárias, assim como o ajuste do planejamento de manutenção.

4.3.3 Verificação (CHECK)

Na etapa *Check* se verifica se a meta global e as metas específicas foram alcançadas e se foi obtido retorno financeiro. Para essa verificação seria necessário o acompanhamento durante um ano, no entanto, tal procedimento não foi feito nessa aplicação do ciclo PDCA.

O acompanhamento foi feito através do gasto total, houve uma tentativa de acompanhamento do gasto por frota de equipamento, mas ao longo do trabalho isso foi se mostrando inviável, devido a grande quantidade de dados e de desvios, logo, esse acompanhamento detalhado foi descartado.

Sendo assim, analisando apenas os três primeiros meses onde foi realizado o acompanhamento do projeto, foi visto um resultado satisfatório, com redução de 60,86% do orçamento previsto para os meses. No entanto, os serviços terceirizados de reforma de implementos agora são realizados pela mão de obra interna e custo da mão de obra interna não foi contabilizado, visto que não foi feito aumento do efetivo.

A Tabela 13 mostra como os gastos com serviços e materiais de manutenção eram distribuídos, em termos percentuais, durante o ano. A terceira coluna dessa tabela mostra como eles deveriam ser distribuídos para alcance da meta de redução de 5% no ano.

Tabela 13 – Orçamento de gastos empregados com materiais e serviços de manutenção.

Período	Gastos Material + Serviços	Meta de redução proposta
jan	8,36%	7,94%
fev	5,15%	4,73%
mar	8,20%	7,78%
abr	8,26%	7,84%
mai	9,21%	8,79%
jun	9,79%	9,37%
jul	9,39%	8,97%
ago	10,91%	10,49%
set	10,09%	9,68%
out	8,78%	8,36%
nov	7,13%	6,71%
dez	4,73%	4,31%
TOTAL	100,00%	95%

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Como o orçamento anual depende de certa sazonalidade em função das horas trabalhadas dos equipamentos, o orçamento foi revisado e os valores ficaram dispostos conforme Tabela 14. O orçamento revisado só alterou as datas dos gastos, mas o gasto absoluto anual para materiais e serviços de manutenção foi mantido.

Tabela 14 - Acompanhamento dos gastos empregados com materiais e serviços de manutenção.

Período	Orçamento revisado	Realizado
jan	3,09%	1,38%
fev	1,91%	0,53%
mar	3,28%	1,33%
abr	3,30%	
mai	5,39%	
jun	6,85%	
jul	12,67%	
ago	13,09%	
set	13,12%	
out	14,05%	
nov	12,83%	
dez	10,40%	
TOTAL	100%	3%

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Por fim, a terceira coluna da Tabela 14 representa o orçamento que foi realizado no ano de aplicação da metodologia PDCA, sendo que o acompanhamento dos gastos foi feito apenas nos três primeiros meses.

Os valores expressos nas Tabelas 13 e 14 foram agrupados para uma melhor visualização no gráfico da Figura 21.

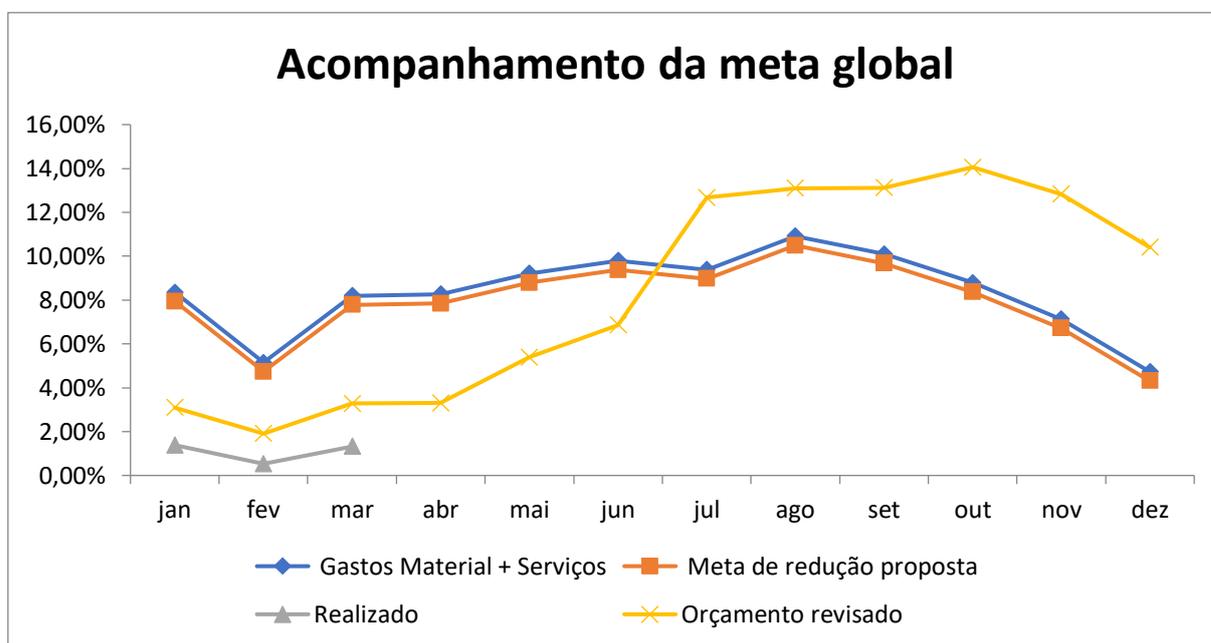


Figura 21 - Acompanhamento da meta global.
Fonte: Pesquisa direta (2021).

4.3.4 Ação (ACTION)

Nessa etapa final foram alterados alguns padrões para manutenção dos resultados. Mudanças foram feitas nos planos de manutenção e na análise das paradas dos equipamentos e mais pessoas envolvidas com a manutenção foram treinadas para o cumprimento dos novos padrões.

Por fim, determinou-se que o plano de atividades deveria ser atualizado constantemente, pois este é um processo de melhoria contínua, sendo o planejamento essencial para o sucesso da aplicação da metodologia PDCA.

Visto o sucesso alcançado na redução dos gastos empregados na manutenção, o planejamento feito durante a fase inicial foi considerado como um padrão, já que a meta global foi alcançada nos primeiros meses analisados. Caso esses resultados não fossem positivos e

satisfatórios, deveriam ser procuradas as causas geradoras desse resultado para refazer todo o planejamento, girando então um novo ciclo PDCA.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

O trabalho apresentado teve como objetivo analisar como a metodologia PDCA pode contribuir para a gestão da manutenção de equipamentos móveis de uma empresa de mineração.

Logo, foi visto que a aplicação da metodologia PDCA na gestão da manutenção da empresa de mineração contribuiu para a redução dos custos empregados nos serviços e materiais de manutenção, gerando assim resultados positivos.

A implementação desse projeto incluiu várias etapas e seguiu uma metodologia clara e padronizada. A etapa *Plan* foi importante para descoberta dos implementos que mais impactavam nos custos, quais eram as causas desse impacto e suas possíveis soluções. Na etapa *Do* foi feito o controle do plano de ação das possíveis soluções, além da realização de treinamentos.

Já na etapa *Check*, verificou-se os resultados financeiros obtidos através do acompanhamento da meta global. No entanto, o controle de metas específicas para cada frota de equipamentos foi negligenciado, sendo essa uma possibilidade de melhoria para trabalhos futuros, já que o controle constante ajuda a identificar perdas e solucioná-las. Por conseguinte, na etapa *Action* foram alterados alguns padrões de manutenção da empresa e determinou-se uma atualização constante do plano de atividades.

Como visto, a redução dos gastos empregados na reforma de implementos representou uma economia de 60,86% em comparação com o orçamento no primeiro trimestre do ano de aplicação da metodologia PDCA, sendo que a meta de redução era de 5% no gasto anual. Apesar dessa grande redução no primeiro trimestre, algumas variáveis devem ser consideradas, visto que o período de análise deveria ser de um ano e que boa parte dos serviços terceirizados agora eram realizados pela mão de obra interna, sem que esse custo da mão de obra interna fosse contabilizado.

Conclui-se que o planejamento foi essencial para o sucesso do trabalho e que a busca pela melhoria contínua é importante para a empresa se manter competitiva no mercado. A utilização da metodologia de forma correta, aliado à disciplina e ao empenho de toda a equipe, permitiu o alcance do resultado.

5.2 Recomendações para trabalhos futuros

Por fim, tendo apresentada a eficácia da metodologia PDCA na gestão da manutenção, possíveis trabalhos futuros poderiam ser:

A aplicação da metodologia PDCA no controle dos indicadores de manutenção, neste se levaria em conta as perdas produtivas, através da análise de indicadores como disponibilidade física (DF), tempo médio entre falhas (MTBF) e tempo médio para reparo (MTTR), resultando em um controle maior do processo;

A reaplicação da metodologia PDCA nos gastos de reforma de implementos de frotas específicas, pois facilitaria a priorização de atividades, e envolveria diferentes frentes de trabalho.

A aplicação da metodologia PDCA para os outros gastos de manutenção, trabalho este com grande potencial de melhoria e de redução de custos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, S. **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002.

ANDRADE, F.F.D. **O método de melhorias PDCA**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-04092003-150859/pt-br.php>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. **A produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa**. Produção, v. 9, 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65131999000200005>.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia**. 9ª ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. 7ª ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

FERRO, J. R.; GRANDE, M. M. **Círculos de Controle de Qualidade (CCQ) no Brasil: Sobrevivendo ao Modismo**. Revista de Administração de Empresas, v. 37, 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rae/v37n4/a09v37n4.pdf>

FIELD CONTROL. **Gestão da manutenção: o que é e porque fazê-la**. Disponível em: <https://fieldcontrol.com.br/blog/gestao-da-manutencao/>; Acesso em: 18 nov. 2021.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2009.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2012.

KÖCHE, José Carlos. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação científica**. Petrópolis: Vozes, 2009.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. A. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto, relatório, publicações e trabalhos científicos**. São Paulo: Atlas, 2001.

- MELO, C. P.; CARAMORI, E. J. **PDCA Método de melhorias para empresas de manufatura – versão 2.0**. Belo Horizonte: Fundação de Desenvolvimento Gerencial, 2001.
- MORABITO, R; PUREZA, V. Modelagem e Simulação. IN: MIGUEL, P. A. C. (coor). **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Processos**. Rio de Janeiro:Elsevier Editora Ltda, 2010.
- MORESI, E. **Metodologia da Pesquisa**. Universidade Católica de Brasília – UCB, PRPG: Brasília, 2003.
- NEVES, T. F. **Importância da utilização do Ciclo PDCA para garantia da qualidade do produto em uma indústria automobilística**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007.
- OLIVEIRA, T. A. B. **Gestão da manutenção, implementando uma simulação no setor de manutenção da pedra em Valemix**, Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2016.
- PERES, Rafael. **As contribuições do método PDCA no gerenciamento de custos e riscos de projetos**. Acessado em: <https://administradores.com.br/artigos/as-contribuicoes-do-metodo-pdca-no-gerenciamento-de-custos-e-riscos-de-projetos>, 2014.
- ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. 1ª ed. São Paulo: Editora Atlas S.A. 2002.
- SELEME, Robson; STADLER, Humberto. **Controle da Qualidade: As Ferramentas Essenciais**. Curitiba: IBPEX, 2008.
- TAKAHASHI, Yoshikazu; OSADA, Takashi. **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: Instituto Iman, 1993.
- TRINDADE, Bárbara Silva: **Estudo de confiabilidade aplicado à manutenção de perfuratrizes de pequeno porte: o caso de uma empresa de mineração**. (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Ouro Preto: Ouro Preto, 2015.
- TRIVELLATO, A. A. **Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para melhoria contínua: estudo de caso numa empresa de Autopeças**. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.
- VIANA, H. R. G. **PCM, Planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2002.

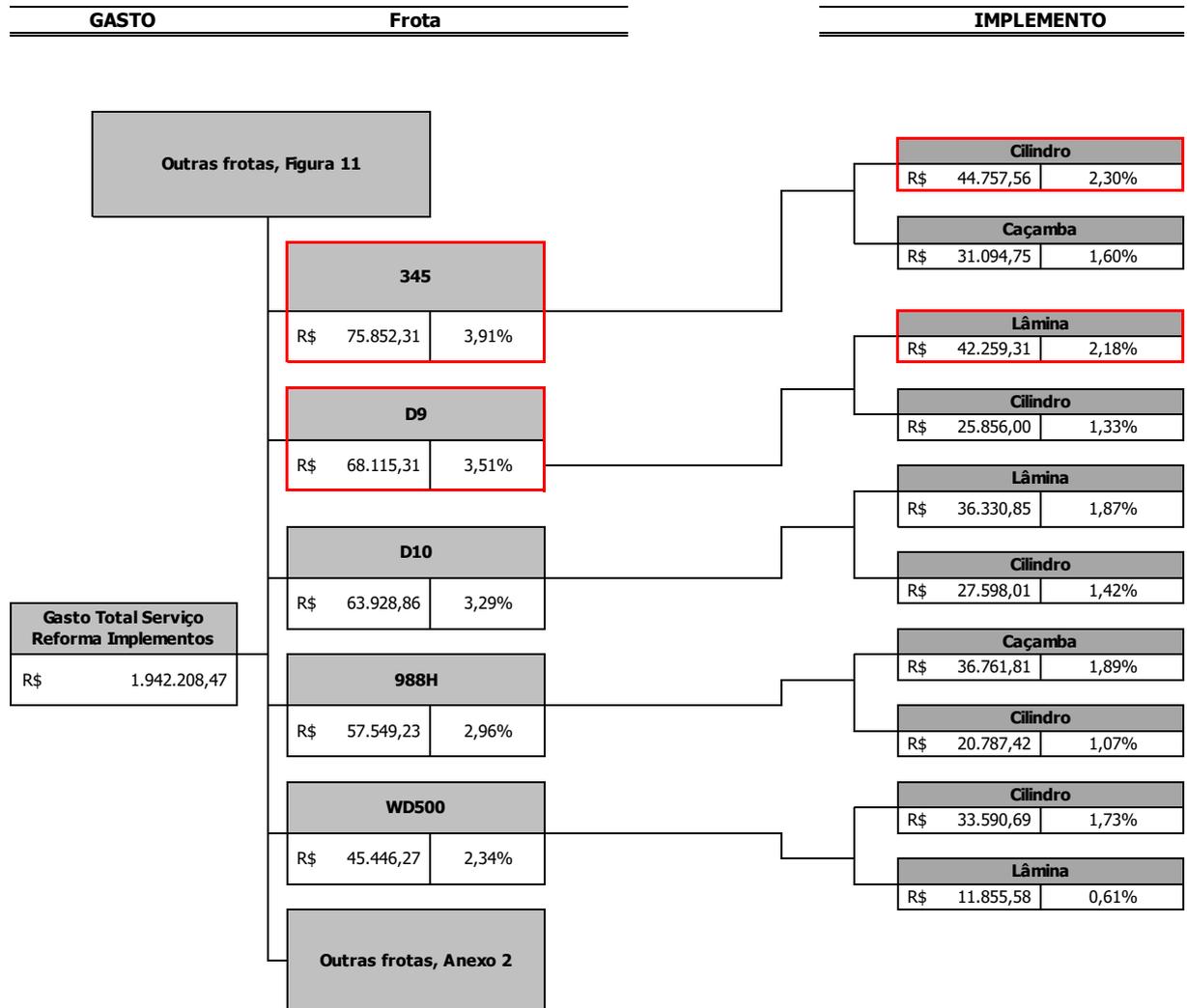
WERKEMA, Cristina. **Métodos PDCA e Demaic e Suas Ferramentas Analíticas**. Grupo GEN, 2012. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595154537/>. Acesso em: 08 nov. 2021.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. Nova Lima: Editora Falconi, 2004.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. Belo Horizonte: Editora DG, 1998.

ANEXOS

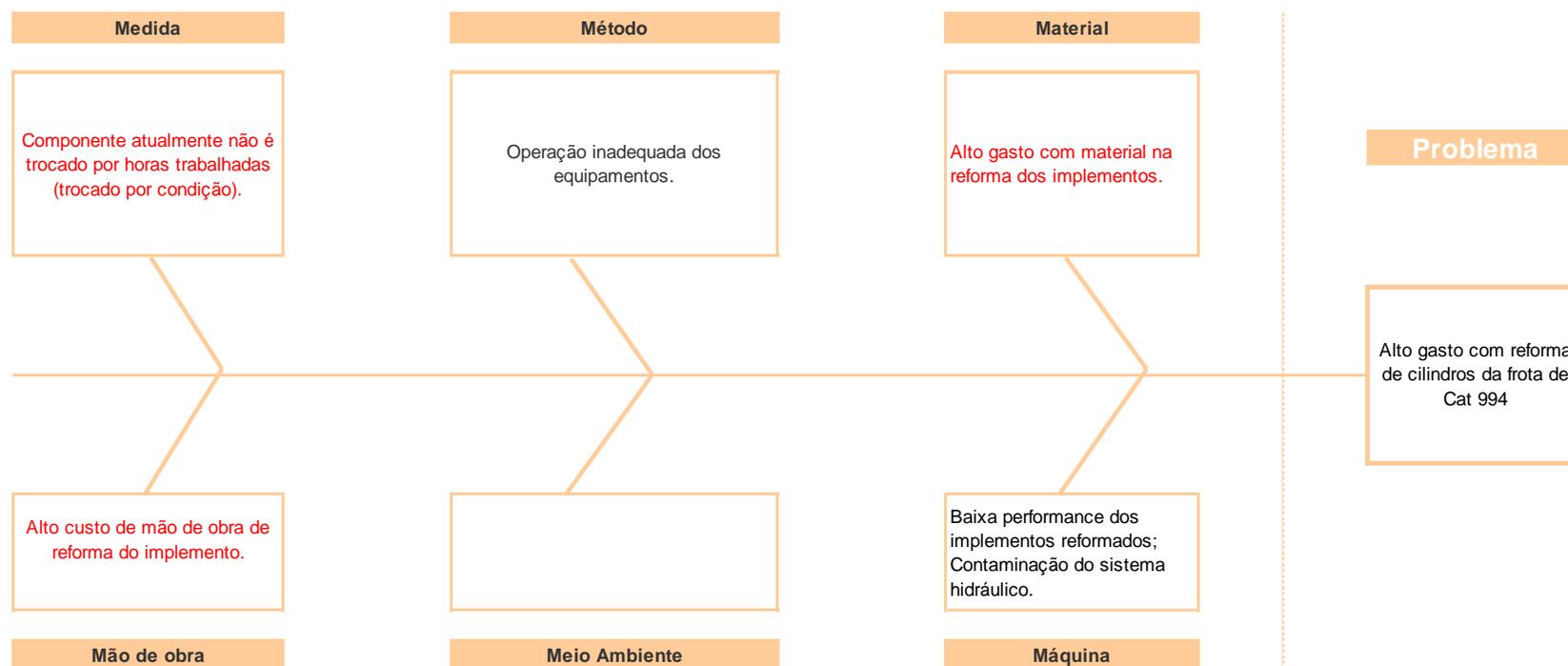
ANEXO 1 – Continuação dodiagrama dos gastos com reforma de implementos apresentado na Figura 11.

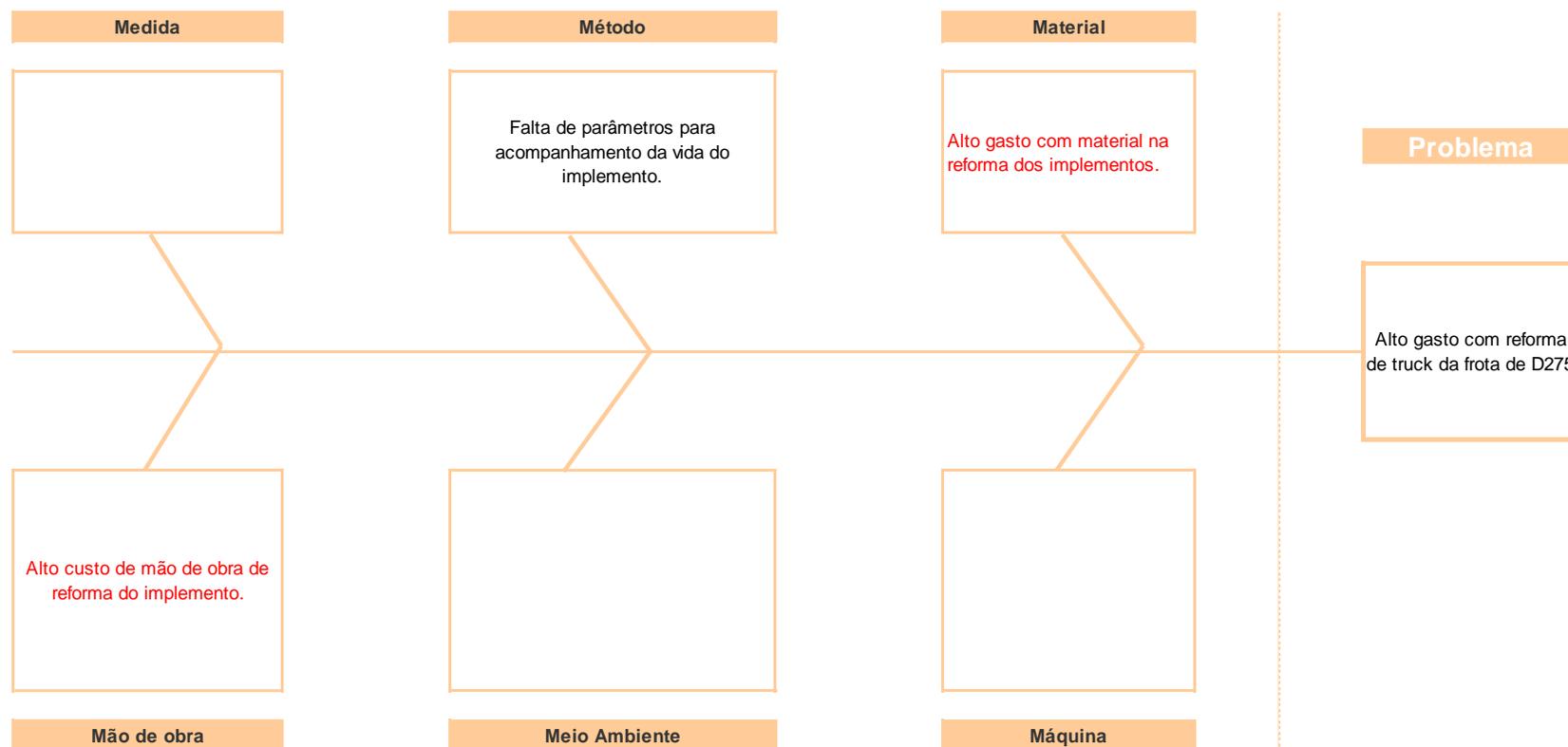


ANEXO 2 – Continuação do diagrama apresentado no Anexo 1.

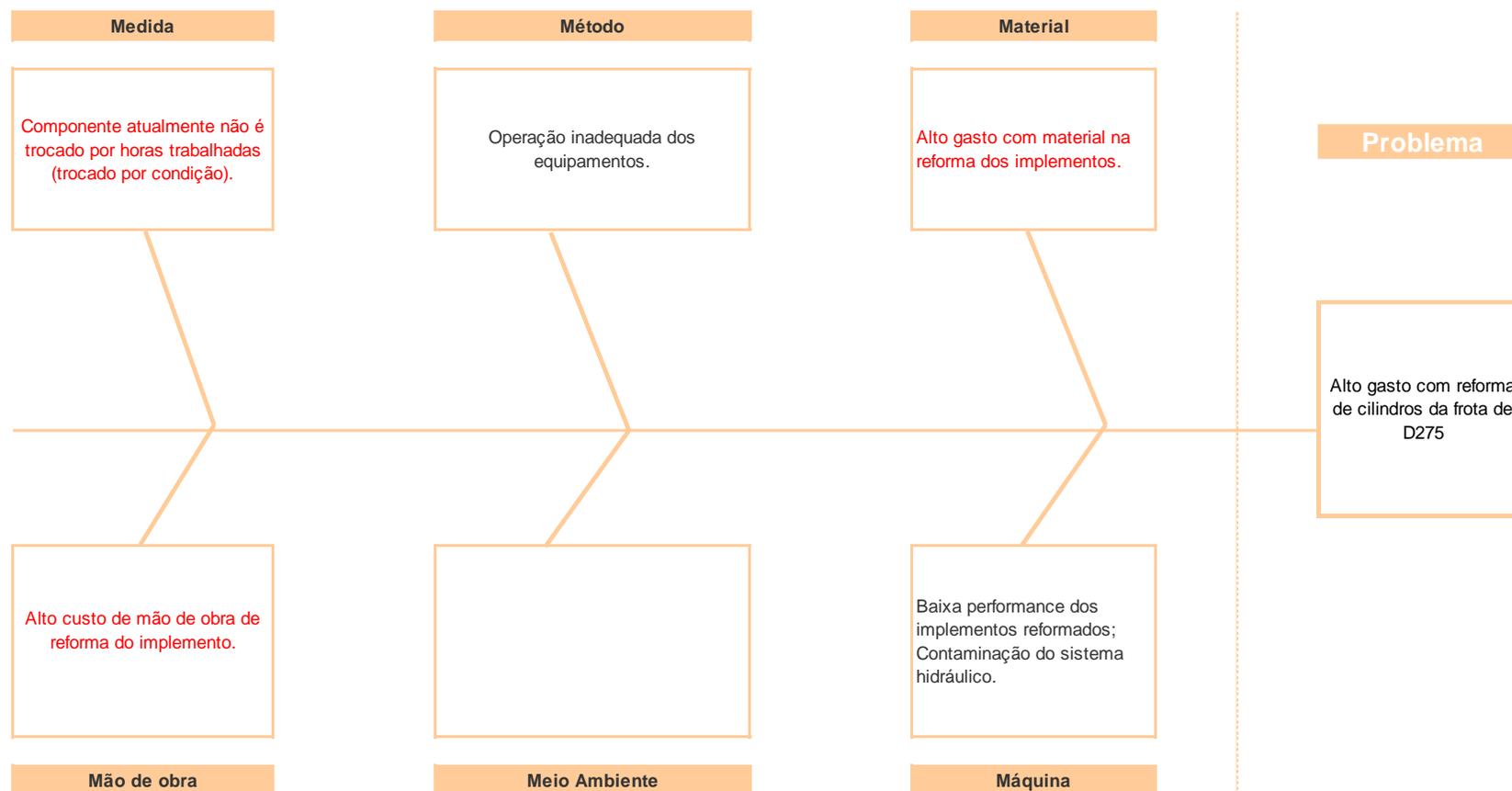
GASTO		Frota		
Gasto Total Serviço Reforma Implementos R\$ 1.942.208,47		Outras frotas, Figura 11 e Anexo 1		
		992		
		R\$	30.317,20	1,56%
		SKFx		
		R\$	27.513,99	1,42%
		D475		
		R\$	23.239,82	1,20%
		EC460		
		R\$	22.072,19	1,14%
		980		
		R\$	18.206,87	0,94%
		990		
		R\$	10.559,65	0,54%
		336D		
R\$	8.679,61	0,45%		
938G				
R\$	8.384,92	0,43%		
D61				
R\$	7.155,65	0,37%		
ECM660				
R\$	4.830,35	0,25%		
F9-11				
R\$	1.754,29	0,09%		

ANEXO 3 – Diagrama de Ishikawa para gasto com reforma de cilindros da frota de Cat994.

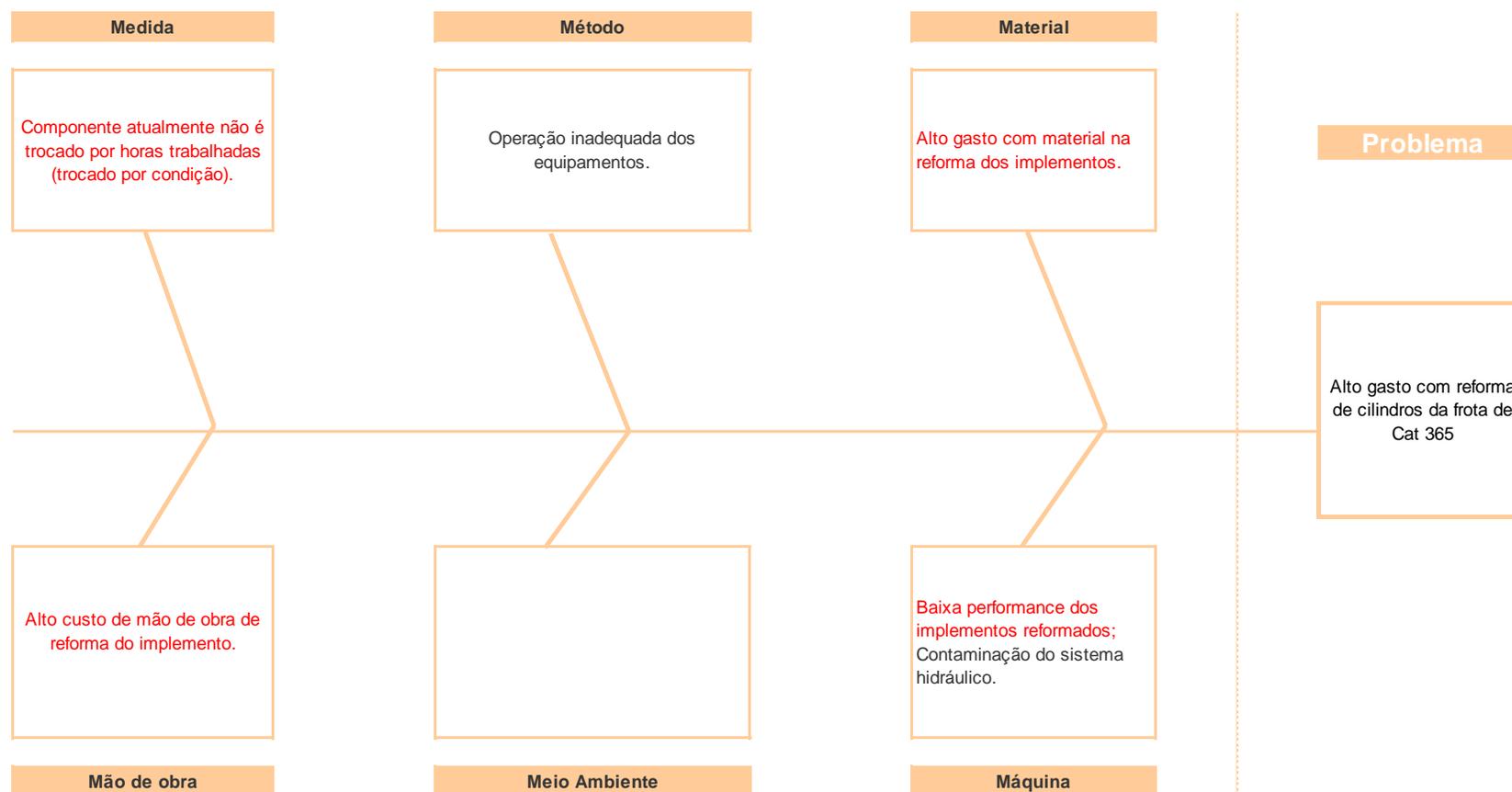


ANEXO 4 – Diagrama de Ishikawa para gasto com reforma de *truck* da frota de D275.

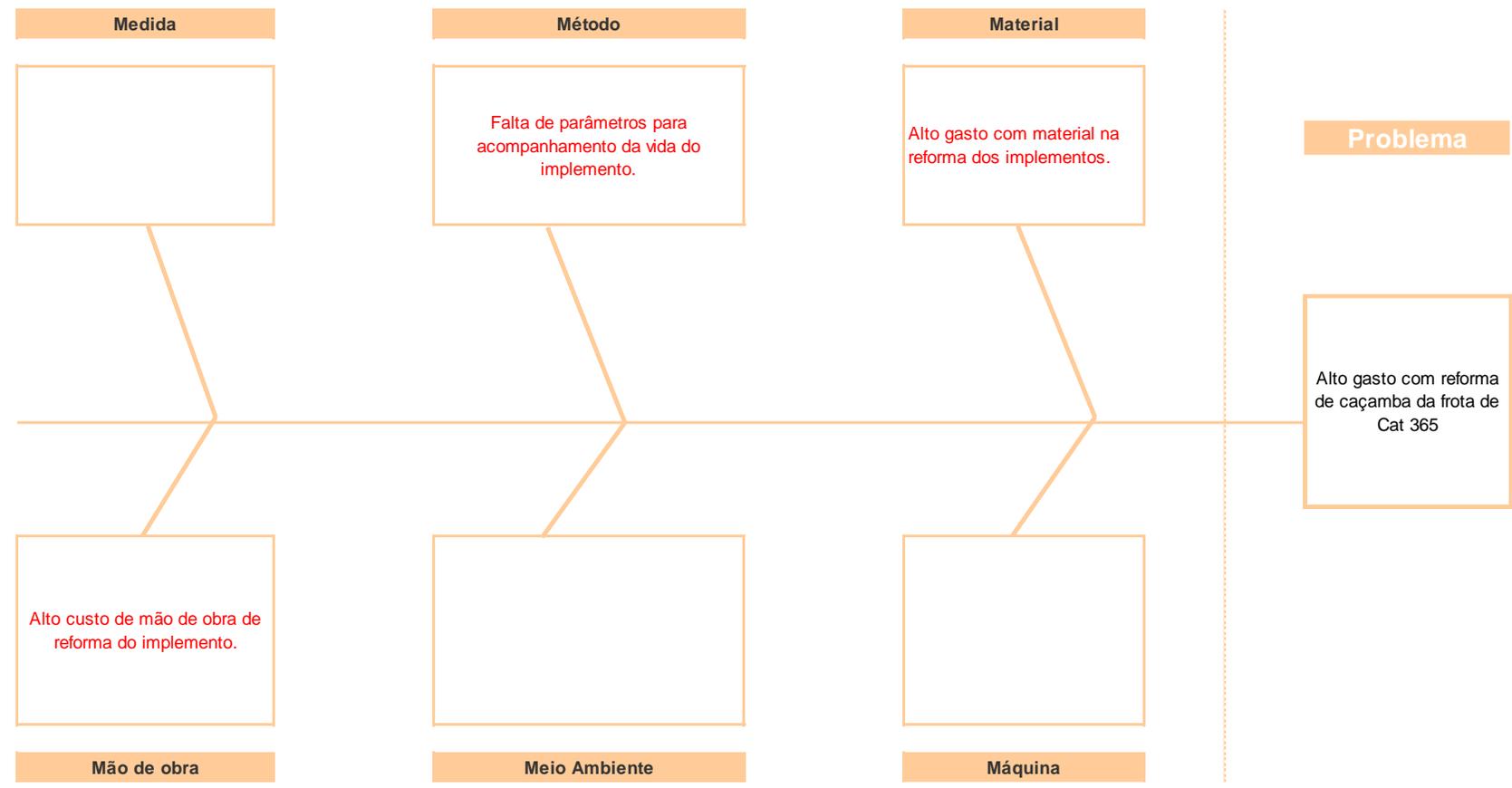
ANEXO 5 – Diagrama de Ishikawa para gasto com reforma de cilindros da frota de D275.



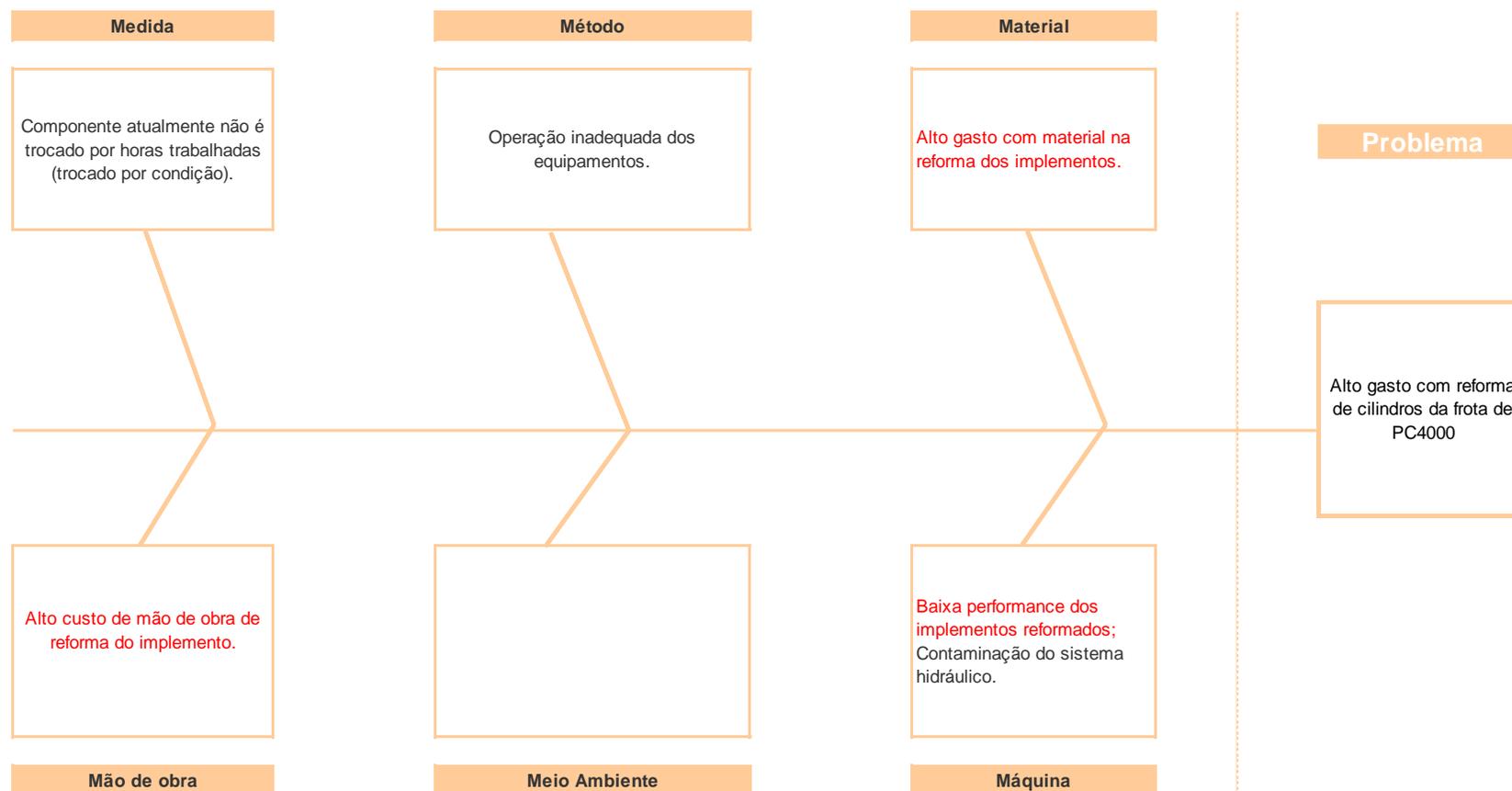
ANEXO 6 – Diagrama de Ishikawa para gasto com reforma de cilindros da frota de Cat365.



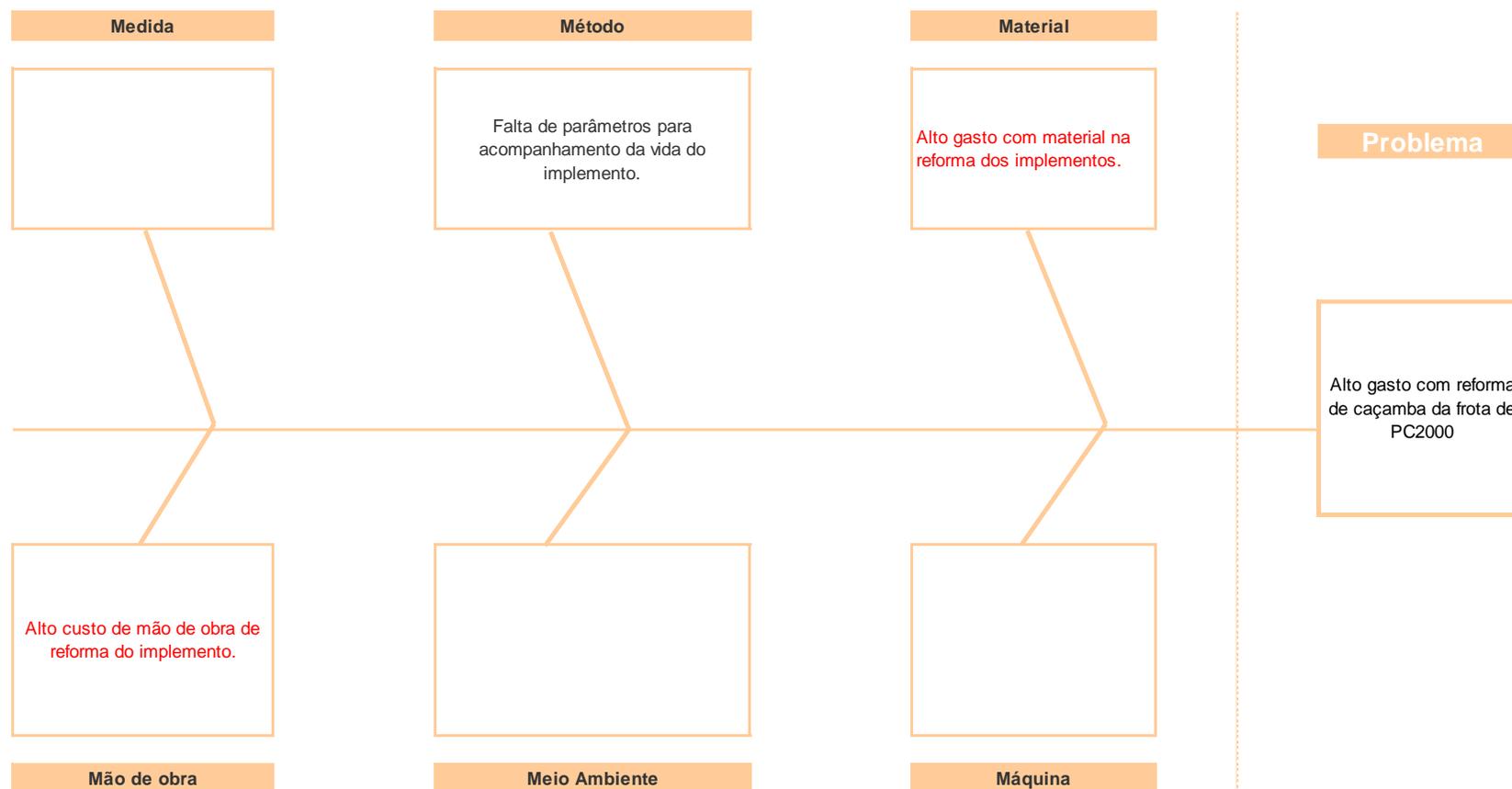
ANEXO 7 – Diagrama de Ishikawa para gasto com reforma de caçamba da frota de Cat365.



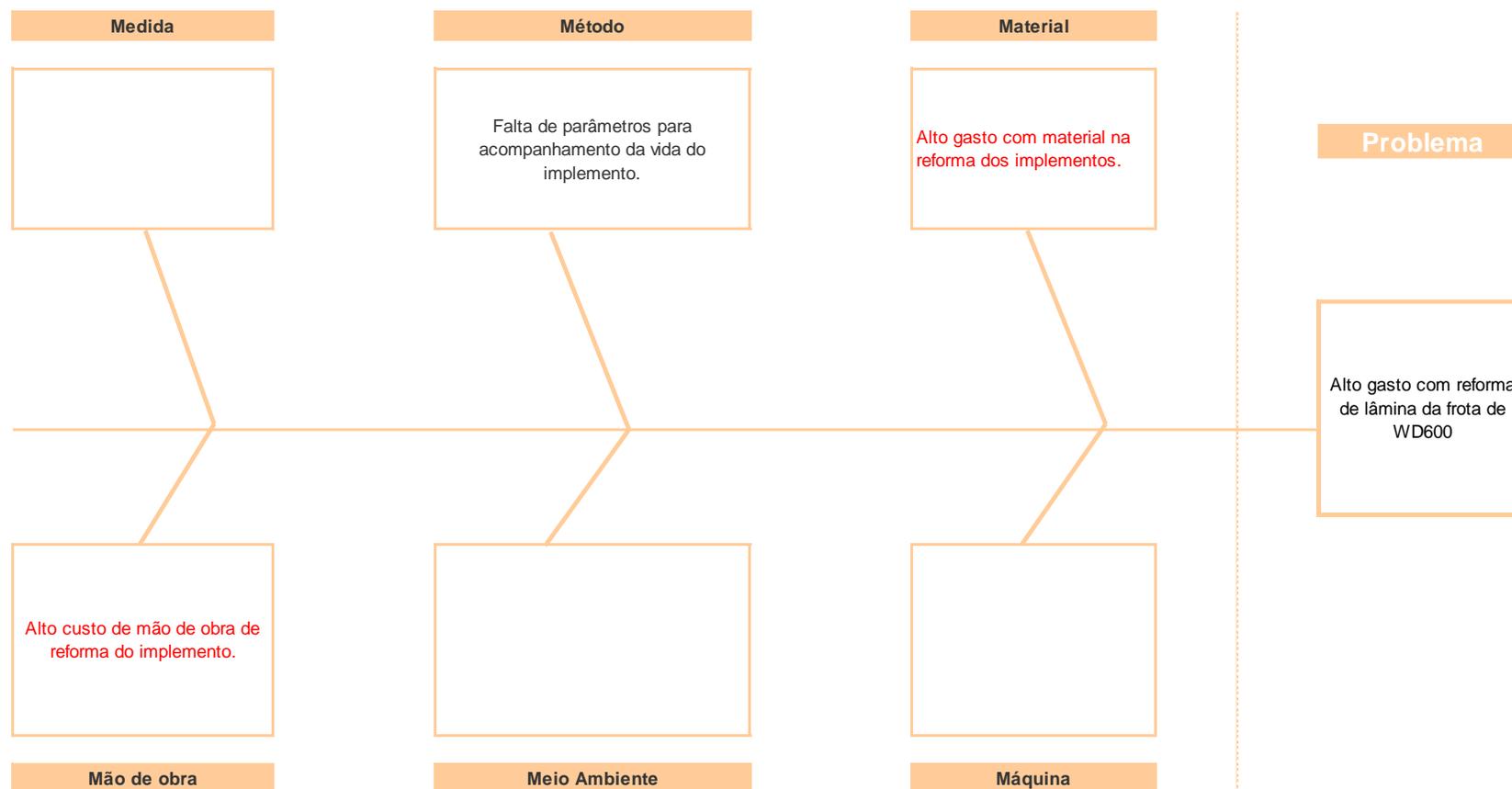
ANEXO 8 – Diagrama de Ishikawa para gasto com reforma de cilindros da frota de PC4000.



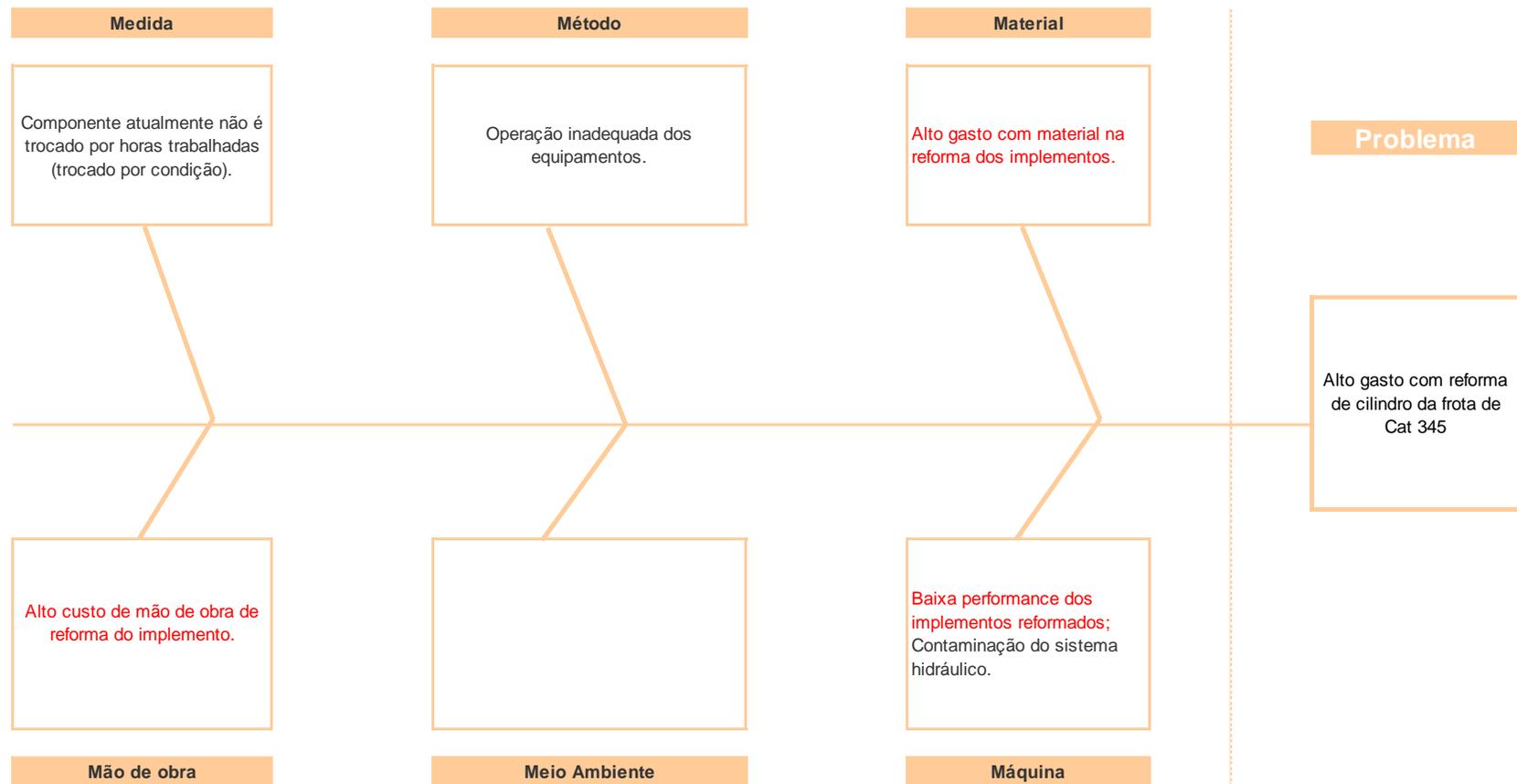
ANEXO 9 – Diagrama de Ishikawa para gasto com reforma de caçamba da frota de PC2000.



ANEXO 10 – Diagrama de Ishikawa para gasto com reforma de lâmina da frota de WD600.



ANEXO 11 – Diagrama de Ishikawa para gasto com reforma de cilindros da frota de Cat345.



ANEXO 12 – Diagrama de Ishikawa para gasto com reforma de lâmina da frota de D9.

