



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP

ESCOLA DE MINAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



ANDRÉ FREITAS FERNANDES DE OLIVEIRA

**ESTUDO DAS MELHORIAS DA FABRICAÇÃO
INTERNA DO COMPONENTE TOPSUB PARA AUXILIAR NA
MANUTENÇÃO DE UMA FROTA DE PERFURATRIZES**

**OURO PRETO - MG
2019**

André Freitas Fernandes de Oliveira

andrefreitas.foliveira@gmail.com

**ESTUDO DAS MELHORIAS DA FABRICAÇÃO
INTERNA DO COMPONENTE TOPSUB PARA AUXILIAR NA
MANUTENÇÃO DE UMA FROTA DE PERFURATRIZES**

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 Luís Vieira da Silva

**OURO PRETO – MG
2019**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

O48e Oliveira, Andre Freitas Fernandes de .
Estudo das melhorias da fabricação interna do componente TOPSUB para auxiliar na manutenção de uma frota de perfuratrizes. [manuscrito] / Andre Freitas Fernandes de Oliveira. - 2019.
53 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Washington Luís Vieira Silva.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas.

1. Dispositivos eletromecânicos - TOPSUB. 2. Máquinas - Indústria - Manutenção. 3. Máquinas de perfuração - Perfuratriz. I. Silva, Washington Luís Vieira . II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ATA DA DEFESA

Aos 06 dias do mês de Dezembro de 2019, às 11h00min, na sala 8, localizada na Escola de Minas – Campus - UFOP, foi realizada a defesa de Monografia do aluno André Freitas Fernandes de Oliveira, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: Prof. DSc. Washington Luís Vieira da Silva, Prof. MSc. Sávio Sade Tayer e Prof^a. PhD. Elisângela Martins Leal. O candidato apresentou o trabalho intitulado: **“Estudo sobre Melhorias de Manutenção que a Fabricação Interna do TOPSUB oferece à Frota de Perfuratrizes”**, sob orientação do Prof. DSc Washington Luís Vieira da Silva. Após as observações dos avaliadores, em comum acordo os presentes consideram o(a) aluno(a) APROVADO.

Ouro Preto, 06 de Dezembro de 2019

Prof. DSc. Washington Luís Vieira da Silva
Professor Orientador

Prof. MSc. Sávio Sade Tayer
Professor Avaliador

Prof^a. PhD. Elisângela Martins Leal
Professor Avaliador

André Freitas Fernandes de Oliveira

Aluno(a)

Dedico este trabalho a toda minha família que sempre me incentivou a buscar pelo conhecimento, seguindo sempre toda ética e valores que me foi ensinado.

AGRADECIMENTO

Primeiramente, gostaria de agradecer especialmente a todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho. Acredito que a ajuda de diversas pessoas neste estudo foi essencial para que o mesmo fosse realizado com qualidade.

A todos os docentes do departamento de engenharia mecânica por todo ensino adquirido. Em especial ao meu orientador Washington Luís Vieira da Silva que esteve presente em todas as etapas do trabalho me auxiliando e me ensinando a cada conversa.

Aos meus familiares, por nunca medirem esforços para me incentivar e acreditar sempre nos meus objetivos de vida. O apoio e a compreensão de vocês em todas etapas da minha vida formam quem eu sou hoje. Serei eternamente grato.

A todos os colaboradores da empresa mineradora onde foi realizado o presente estudo, por sempre estarem dispostos a tirar dúvidas, a buscar por melhorias e por me ensinarem muito sobre engenharia mecânica.

Enfim, cada um de vocês fez com que este trabalho virasse realidade.

Obrigado.

“O futuro dependerá daquilo que fazemos no presente.”

Mahatma Gandhi

RESUMO

Empresas que aderem estratégias de manutenção de seus equipamentos têm a preocupação de operá-los com maior confiabilidade e por maior tempo possível. Inserido neste contexto, a empresa mineradora estudada conta com processos de manutenção e de melhoria da manutenção contribuindo para que a instituição tenha alta competitividade mundial. Assim, foram estudadas e analisadas as melhorias que a fabricação interna do componente TOPSUB propicia para a frota de máquinas perfuratrizes. O TOPSUB é um componente que se localiza na torre de perfuração entre o amortecedor de choque e os conectores da haste de perfuração, e tem como objetivo impedir o desgaste das roscas internas do amortecedor de impacto, garantindo assim, um melhor desempenho de perfuração combinado com uma economia em não necessitar substituir o amortecedor por desgastes precoces. Dado que a frota estava em estado crítico de operação, devido ao alto desgaste desses componentes, a oportunidade de realização de melhoria nestes equipamentos foi importante para o sistema de manutenção da empresa. O trabalho realizado consistiu primeiramente no estudo teórico de métodos de manutenção, gestão da manutenção, processos de melhoria contínua e métodos de perfuração. A partir das experiências dos envolvidos com o processo foi possibilitada a coleta de informações e dados sendo fundamentais para a realização deste trabalho. O presente estudo evidencia as etapas que permitiram atingir as melhorias analisadas desde o planejamento para a confecção do componente, a análise de viabilidade financeira, o reaproveitamento do material descartado, os processos de fabricação da nova peça, a apropriação da mão de obra empregada, o tempo de entrega para instalação do novo dispositivo e os impactos na segurança que este novo componente proporcionou às máquinas perfuratrizes. Dessa forma, foi analisado que a fabricação interna do novo componente possibilitou uma economia de 60% no valor de aquisição do TOPSUB, permitiu uma redução de *leadtime* de 97,5%, além de garantir condições mais seguras de operação para máquinas perfuratrizes.

Palavras-chave: manutenção, confiabilidade, melhoria, TOPSUB, perfuratrizes, métodos de manutenção, gestão da manutenção, melhoria contínua, métodos de perfuração, viabilidade financeira, processos de fabricação e tempo de entrega.

ABSTRACT

Companies that adhere to maintenance strategies for their equipment's are concerned with operating them as reliably and for as long as possible. Inserted in this context, the studied mining company count with maintenance processes and maintenance improvement contributing to the institution has high worldwide competitiveness. Thus, the improvements that the internal manufacturing of the TOPSUB component provides for the drilling rig fleet were studied and analyzed. The TOPSUB is a component located in the drill tower between the shock absorber and the drill stem connectors, and is intended to prevent wear of the internal threads of the shock absorber, ensuring better drilling performance combined with savings on not having to replace the shock absorber with early wear. Since the fleet was in a critical state of operation, due to the high wear of these components, the opportunity to make improvements to this equipment was important to the company's maintenance system. The work consisted primarily in the theoretical study of maintenance methods, maintenance management, continuous improvement processes and drilling methods. From the experiences of those who were involved with the process, it was possible to collect information and data, being fundamental for the accomplishment of this work. The present study evidence the steps that allowed to achieve the improvements analyzed since the planning for the manufacture of the component, the financial viability analysis, the reuse of discarded material, the manufacturing processes of the new part, the appropriation of the workmanship, the delivery time for installation of the new device and the safety impacts that this new component provided to the drilling machines. So, it was analyzed that the internal manufacturing of the new component allowed 60% savings in the TOPSUB acquisition value, enabled a 97,5% leadtime reduction, as well as ensuring safer operating conditions for the drilling machines.

Keywords: maintenance, reliability, improvements, TOPSUB, drills, maintenance methods, maintenance management, continuous improvement processes, drilling methods, financial viability, manufacturing processes and delivery time.

LISTA DE SIMBOLOS

- NBR – Norma Brasileira de Regulamentação
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- MTTR – Tempo Médio de Reparo
- MTBF – Tempo Médio entre Falhas
- GQT– Gestão da Qualidade Total
- PDCA – Planejar, executar, verificar e atuar
- TQC – Controle Total da Qualidade
- DF – Disponibilidade Física
- CIM – Central de informação da manutenção
- GMGP–Gerencia de Manutenção de Grande Porte

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução da manutenção.....	6
Figura 2: Planejamento estratégico.....	10
Figura 3: Ciclo PDCA.....	11
Figura 4: O Guarda-Chuva do KAIZEN.....	12
Figura 5: Perfuratriz percussiva.....	14
Figura 6: Perfuratriz rotativa.....	15
Figura 7: Perfuratriz rotativa-percussiva MD6250.....	16
Figura 8: Classificação de fontes bibliográficas.....	18
Figura 9: Materiais e métodos.....	20
Figura 10: Fluxo produtivo de minério de ferro.....	23
Figura 11: Organograma do setor.....	26
Figura 12: TOPSUB acoplado com amortecedor de choque.....	28
Figura 13: Controle de desgaste.....	29
Figura 14: Componentes da torre de perfuração.....	30
Figura 15: Sucata das hastes de perfuração.....	31
Figura 16: Rosca interna da haste de perfuração.....	32
Figura 17: Torneamento mecânico.....	33
Figura 18: TOPSUB fabricado.....	34
Figura 19: Melhorias de manutenção.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variáveis e indicadores.....	21
Tabela 2: Viabilidade financeira.....	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Formulação do problema	1
1.2	Justificativa	2
1.3	Objetivos	3
1.3.1	Objetivo Geral	3
1.3.2	Objetivos Específicos.....	4
1.4	Estrutura do Trabalho	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1	Manutenção mecânica	5
2.2	Gestão da Manutenção.....	8
2.2.1	Manutenção Produtiva	8
2.2.2	Funções de apoio da manutenção	8
2.2.3	Gerenciamento da manutenção.....	9
2.3	Melhoria Contínua.....	11
2.4	Métodos de perfuração	13
2.5	Considerações finais	16
3	METODOLOGIA	17
3.1	Tipos de pesquisa	17
3.2	Materiais e métodos.....	19
3.3	Variáveis e indicadores.....	21
3.4	Instrumento de coleta de dados	21
3.5	Tabulação de dados	22
3.6	Considerações finais	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
4.1	Características da empresa, setores e equipamento.....	23
4.2	Diagnóstico do problema	27
4.3	Fabricação interna do componente TOPSUB	30
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	37
5.1	Conclusão.....	37
5.2	Recomendações.....	37

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA 38

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do problema

Os procedimentos e métodos de manutenção são altamente aplicados em empresas com diferentes áreas de atuação, a fim de maximizar a disponibilidade física de seus equipamentos visando diminuir o número de falhas.

Segundo a NBR 5462 *apud* Xenos (1998, p 18), o conceito de manutenção pode ser definido como “a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”. Ou seja, tem por finalidade evitar a degradação de equipamentos seja por desgaste natural ou uso inadequado. Pode-se perceber então, que a manutenção é imprescindível para empresas em que o maquinário desempenha papel fundamental na produção, uma vez que a longo ou a curto prazo o equipamento irá apresentar falhas que podem comprometer seu funcionamento adequado.

De acordo com Xenos (1998), as atividades de manutenção não se restringem apenas em manter as condições originais dos equipamentos, mas também se preocupam em aplicar melhorias nas condições operacionais das máquinas. Nota-se assim, que empresas buscam cada vez mais por melhorias contínuas em procedimentos de produção, de segurança, de logística, de planejamento e de manutenção. Ainda segundo o mesmo autor, garantir uma melhoria eficiente pode aumentar a vida útil de um componente, reduzir o custo do produto final, reduzir o tempo de parada de uma linha de produção além de fornecer maior confiabilidade e disponibilidade aos equipamentos.

Empresas japonesas tendem a estar em constante mudança, buscando sempre por melhorias em seus processos e dificilmente permanecem iguais por muito tempo de acordo com Imai (2005). A autora adota a metodologia conhecida como KAIZEN, para definir a constante busca por melhorias contínuas. “A essência do KAIZEN é simples e direta: KAIZEN significa melhoramento. Logo, KAIZEN significa contínuo melhoramento envolvendo todos, inclusive gerentes e operários” (IMAI, 2005, p 3). O que torna evidente que uma empresa de alta competitividade de mercado deve buscar por algum tipo de melhoria diariamente em todos seus departamentos.

Já Xenos (1998, p 21), define que as atividades de melhoria têm a possibilidade de gerar “componentes ou sistemas modificados ou mais modernos, peças mais resistentes e

outras medidas concretas para aumentar a confiabilidade intrínseca ou a capacidade funcional dos equipamentos”. Dessa forma, percebe-se que quaisquer aperfeiçoamentos em processos de manutenção tendem a beneficiar a própria empresa e seus colaboradores.

Logo, é comum que empresas de nível mundial adotem cada vez mais procedimentos de manutenção e de melhoria em suas máquinas. Dessa forma, tem-se no setor de mineração uma grande variedade de equipamentos de grande porte com finalidade de realizar atividades como extração de minério, pavimentação de estradas, perfuração de rochas e escavação. Esses equipamentos são essenciais para entrega do minério de ferro de qualidade. Uma falha não prevista em alguma das máquinas que são essências para o processo pode atrasar a entrega do produto final, danificar o equipamento, aumentar os custos com reparo e conseqüentemente aumentar o preço do produto final para o cliente, de acordo com Xenos (1998).

Dentre os equipamentos mais utilizados na mineração, verifica-se que as perfuratrizes apresentam alta taxa de falha no componente chamado TOPSUB. Esse componente se localiza entre a haste de perfuração e a mola de amortecimento de choque, e tem a função de impedir o desgaste nas roscas de conexão da haste de perfuração e nas roscas de conexão da mola, devido ao seu alto valor compra. Assim, na tentativa de aumentar a disponibilidade física desse equipamento, os colaboradores da empresa estudada verificaram a partir de uma análise técnica a possibilidade de fabricar a peça internamente com o reaproveitamento de hastes de perfuração ao final de vida útil, extinguindo a possibilidade de compra de uma nova diretamente com o fornecedor.

Sabendo que ações de manutenção e de melhoria podem afetar diretamente na produtividade, nos custos finais e na disponibilidade física de equipamentos, questiona-se:

Quais melhorias a fabricação interna de TOPSUB pode contribuir para a frota de perfuratrizes?

1.2 Justificativa

Segundo Xenos (1998, p 40), “do ponto de vista dos clientes, excelentes produtos ou serviços são percebidos através de três condições: qualidade intrínseca, custo e entrega”. Relato que deixa claro que os consumidores de qualquer produto buscam sempre pela melhor qualidade possível, combinada com o menor custo e com o menor tempo de entrega quando comparado ao oferecido no mercado.

De acordo com Viana (2002), os custos referentes a manutenção podem ser divididos em custos de recursos humanos, de material, de interferência na produção e de perdas ao longo do processo. O autor ainda define o custo de interferência na produção como “é o quanto se deixa de produzir com o tempo de parada do sistema produtivo; atualmente em todas as indústrias há a transformação do tempo em produto, e conseqüentemente, dinheiro” (VIANA, 2002, p 18).

Assim, a necessidade de se aplicar melhorias em processos e tecnologias são essenciais para garantir aos consumidores uma melhor qualidade combinada com menor custo e menor tempo de entrega. A implementação de melhorias em um sistema de operação de uma máquina de mineração pode trazer ganhos tanto para a empresa quanto ao cliente final do produto. Ou seja, empresas que possuem uma gestão de manutenção bem definida e bem aplicada tendem a otimizar o tempo de operação de suas máquinas, reduzindo conseqüentemente seus custos de produção.

Dessa forma, empresas de nível mundial e que dependem do bom funcionamento de seus equipamentos para gerar lucro buscam aumentar a disponibilidade física de seus equipamentos, reduzir seus custos com manutenções, reduzir o tempo médio para reparo de suas máquinas (MTTR), aumentar o tempo médio entre falhas (MTBF), garantir maior segurança aos seus colaboradores em procedimentos de operação e de reparo além de maior aproveitamento de mão de obra.

Garantir esses fatores indica que as melhorias estão sendo eficientes colocando a empresa em um patamar competitivo no mercado, uma vez que paradas não programadas interferem diretamente na linha de produção, causando aumento no preço final do produto e aumento no prazo de entrega.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Estudar as melhorias que a fabricação interna e aplicação da componente TOPSUB em perfuratrizes podem trazer para o processo de manutenção de uma empresa no setor de mineração.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar um estudo bibliográfico sobre: Manutenção, Gestão da Manutenção e Melhoria Contínua;
- Elaborar um procedimento metodológico para estudar o sistema de perfuratriz;
- Analisar banco de dados da empresa de mineração para obter informações de *lead time*, custo, planejamento de manutenção, processos de fabricação, usinagem e caldeiraria;
- Estudar e analisar resultados obtidos depois a aplicação da melhoria na frota de perfuratrizes de mina.

1.4 Estrutura do Trabalho

O estudo está estruturado em cinco capítulos seguindo as diretrizes de acordo com o padrão das normas da ABNT e do curso de graduação de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto.

O capítulo 1 é composto pela introdução, que é dividida em formulação do problema relatando o problema a ser estudado, a justificativa da escolha do tema, o objetivo geral e os objetivos específicos que se deseja atingir.

O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica com os principais conceitos de manutenção, gestão da manutenção, melhoria continua e métodos de perfuração.

No capítulo 3 é apresentada a metodologia realizada no estudo do problema presente no capítulo 1, assim como a ferramenta utilizada para a coleta e validação de dados referentes ao trabalho.

Já no quarto capítulo são abordados os resultados e discussões atingidas pelo estudo.

Por fim, o capítulo 5 traz as conclusões sobre os resultados obtidos assim como as recomendações para futuras pesquisas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manutenção mecânica

Segundo Kardec e Nascif (2009), nos últimos 50 anos o setor de manutenção passou por diversas mudanças e sofreu grande evolução. Os autores dividem tal evolução em quatro gerações historicamente.

A primeira geração de acordo com Kardec e Nascif (2009, p 2), “abrange o período antes da Segunda Guerra Mundial, quando a indústria era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples e, em sua grande maioria, superdimensionados”. Relatando ainda que a manutenção não era sistematizada devido à economia da época que não priorizava a produtividade. Dessa forma, as manutenções em equipamentos eram realizadas apenas quando os mesmos apresentavam quebras ou falhas, ou seja, manutenções corretivas.

Já na segunda geração ocorreu entre os anos de 1950 e 1970, período conhecido como pós Segunda Grande Guerra, aumentou-se a demanda por todo tipo de produto juntamente com a diminuição significativa da mão de obra industrial, e em consequência uma forte mecanização de empresas devido as maiores complexidades de instalações industriais de acordo com Kardec e Nascif (2009). Assim, indústrias buscaram aumentar sua produtividade fazendo com que o bom funcionamento das máquinas estivesse diretamente relacionado ao processo produtivo. Dessa forma, evitar falhas em equipamentos tornou-se essencial em todo processo de produção, resultando no conceito e na aplicação da manutenção preventiva.

A partir da década de 1970 surge a terceira geração de manutenção, onde os processos de automação e de mecanização passaram a indicar confiabilidade e disponibilidade. Nessa época, ganhou-se força o conceito e a utilização da manutenção preditiva assim como a utilização de ferramentas, computadores e *softwares* a fim de monitorar a vida útil dos componentes, melhorando o planejamento e o controle dos serviços de manutenção, segundo Viana (2002).

Já na quarta geração o foco é a consolidação, dentro das atividades de manutenção, da garantia da disponibilidade, da confiabilidade e da manutenibilidade. Desafiando os serviços de manutenção a minimizar as falhas prematuras, aumentar o tempo disponível de operação das máquinas e reduzir o tempo de paradas em atividades de manutenção de acordo com Kardec e Nascif (2009). Os autores ainda relatam que empresas de classes mundiais

privilegiam a interação constante entre as áreas de engenharia, manutenção e operação para atingir as metas desejadas e fornecer produtos com de alta qualidade.

As quatro gerações segundo a evolução da manutenção e seus conceitos são representados através da figura a seguir:

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO				
	Primeira Geração	Segunda Geração	Terceira Geração	Quarta Geração
Ano				
Aumento das expectativas em relação à Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Conserto após a falha 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidade crescente • Maior vida útil do equipamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Melhor relação custo-benefício • Preservação do meio ambiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Preservação do meio ambiente • Segurança • Influir nos resultados do negócio • Gerenciar os ativos
Visão quanto à falha do equipamento	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham 	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira 	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F. (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5
Mudança nas técnicas de Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades voltadas para o reparo 	<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento manual da manutenção • Computadores grandes e lentos • Manutenção Preventiva (por tempo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento da condição • Manutenção Preditiva • Análise de risco • Computadores pequenos e rápidos • Softwares potentes • Grupos de trabalho multidisciplinares • Projetos voltados para a confiabilidade • Contratação por mão de obra e serviços 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da Condição • Minimização nas Manutenções Preventiva e Corretiva não Planejada • Análise de Falhas • Técnicas de confiabilidade • Manutenibilidade • Engenharia de Manutenção • Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e Custo do Ciclo de Vida. • Contratação por resultados

Figura 1: Evolução da manutenção.

Fonte: Kardec e Nascif (2009).

Assim, pode-se perceber de forma esquemática através da figura 1 os conceitos e as mudanças da manutenção de acordo com cada geração. Essa cronologia adotada indica que a preocupação em executar uma manutenção assertiva e confiável é cada vez mais presente na atualidade.

Segundo Xenos (1998), a manutenção corretiva acontece sempre depois que uma falha ocorre. Ainda de acordo com o autor, a manutenção corretiva é a mais barata para prevenir as falhas nas máquinas, porém também podem causar grandes perdas por interrupção na linha de produção. Abordando ainda, outros fatores relevantes que devem ser considerados antes de optar pela manutenção não programada:

- Primeiramente avaliar se há ações preventivas viáveis e econômicas a fim de evitar a ocorrência da falha no equipamento. Caso não haja condições, a manutenção corretiva pode ser o método mais adequado;
- Avaliar o tempo de parada para a manutenção em questão. Caso esta interrupção for muito longa, poderá causar prejuízos nos processos de produção da empresa;
- Ao optar pela manutenção corretiva, devem-se ter recursos necessários disponíveis para o reparo. São eles: peças de reposição, mão de obra qualificada e ferramentas adequadas. Visando reduzir possíveis impactos da falha na linha de produção.

Já a manutenção preventiva, “feita periodicamente, deve ser a principal atividade de manutenção em qualquer empresa. Na verdade, a manutenção preventiva é o coração das atividades de manutenção!” conforme (XENOS, 1998, p 24). Tal método é composto por atividades sistematizadas e programadas como as de inspeção, de reforma e de trocas de peças.

Os reparos realizados em manutenções preventivas são definidos e planejados para ocorrerem antes que os componentes e as peças das máquinas atinjam seus limites de vida útil. Em consequência, diminui-se a frequência com que ocorrem as falhas e as interrupções inesperadas da produção, aumentando assim, a disponibilidade física dos equipamentos, segundo Xenos (1998).

Outro método de manutenção utilizado por grandes empresas é a manutenção preditiva. Conforme Viana (2002), este método visa “acompanhar a máquina ou as peças por monitoramento, através de medições e controles estatísticos que tentam prever a proximidade da ocorrência da falha”.

De acordo com Xenos (1998), a manutenção preditiva está inserida na manutenção preventiva, já que este método é uma maneira de inspecionar os equipamentos. E cita que é possível monitorar e prever falhas através da análise da variação de vibração de um equipamento, por exemplo.

2.2 Gestão da Manutenção

2.2.1 Manutenção Produtiva

Segundo Xenos (1998), a manutenção produtiva é a melhor aplicação de diferentes métodos de manutenção a fim de otimizar os fatores econômicos de produção, garantindo melhores condições de segurança e produtividade aos equipamentos com baixo custo. “A manutenção produtiva abrange todas as etapas do ciclo de vida dos equipamentos, desde sua especificação até o sucateamento, e leva em consideração os custos de manutenção e produtividade do equipamento” (XENOS, 1998, p 28).

O autor aborda a importância, que ao aplicar esse tipo de pensamento de manutenção em uma empresa, os departamentos de manutenção, de planejamento e de produção devem manter uma estreita cooperação.

2.2.2 Funções de apoio da manutenção

Para garantir um gerenciamento de manutenção eficiente, devem-se realizar os métodos de manutenção na prática juntamente com algumas funções de apoio, conforme escreve Xenos (1998):

- Tratamento de falha dos equipamentos;
- Padronização da manutenção;
- Planejamento da manutenção;
- Setor de peças-reservas e almoxarifado;
- Orçamento da manutenção;

- Educação e Treinamento.

2.2.3 Gerenciamento da manutenção

O conjunto de métodos e as funções de apoio aplicadas corretamente definem o Sistema de Gerenciamento da Manutenção, sendo este sistema parte da Gestão da Qualidade Total (GQT) segundo Xenos (1998). O GQT atua diretamente nos meios de produção de empresas dependentes de maquinários em operação constante. É conhecido como um sistema de gestão para toda empresa, onde as áreas de manutenção atuam ativamente no sistema produtivo conforme relata o autor.

Ainda segundo Xenos (1998, p 31), “utilizando bem os princípios da GQT, pode-se atingir metas de melhoria praticando o *kaizen* – para equipamentos em termos de redução de falhas, redução dos custos de manutenção e redução no tempo de manutenção”.

Já os autores Kardec e Nascif (2009), avaliam que o bom gerenciamento dos processos de manutenção ocorre quando a mão de obra responsável pelas atividades está devidamente qualificada e equipada para evitar as falhas e não para corrigi-las. E abordam ainda que uma manutenção deve deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz, ou seja, “é preciso, principalmente, manter a função do equipamento disponível para a operação, reduzindo a probabilidade de uma parada de produção não planejada” (KARDEC e NASCIF, 2009, p 11).

É importante que empresas de níveis mundiais busquem por um planejamento estratégico de manutenção bem estruturado e claramente definido a fim de atingir as metas desejadas, otimizar seus custos de produção, aumentar a segurança e bem-estar de seus colaboradores, associado ao aumento da disponibilidade física e a confiabilidade de seus equipamentos de acordo com KARDEC e NASCIF (2009).

A figura 2 ilustra resumidamente a integração de processos que constituem o planejamento estratégico.

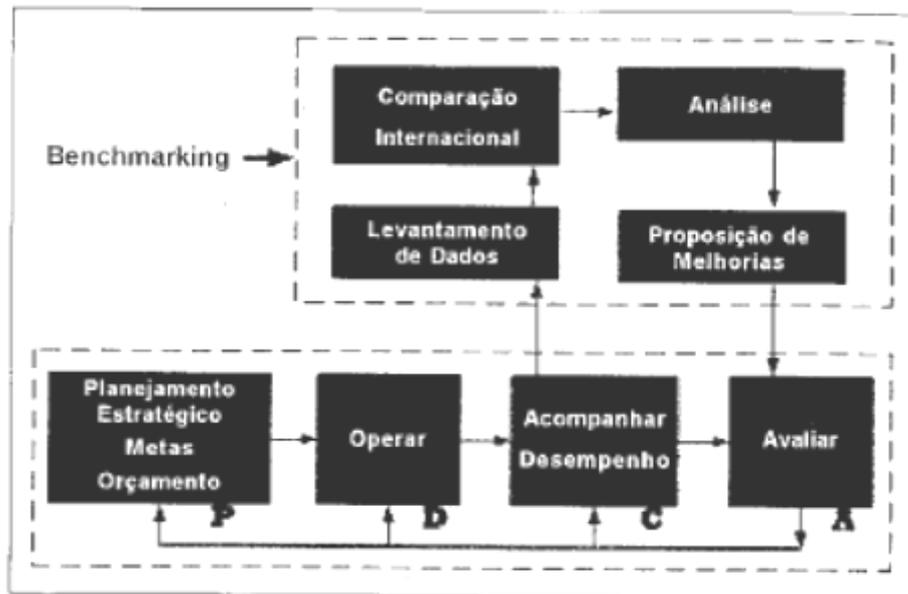


Figura 2: Planejamento estratégico.

Fonte: Kardec e Nascif (2009).

A figura 2 representa a integração dos processos de análise de dados e informações com o processo de melhoria contínua. Segundo Kardec e Nascif (2009), este tipo de organização proporciona um melhor atendimento as necessidades do cliente, fazendo com que a empresa se torne mais competitiva no mercado em que está situada. Ainda de acordo com os autores, o *benchmarking* é definido como processo de análise e comparação de boas práticas entre empresas do mesmo segmento de negócio. Ou seja, empresas do mesmo setor de atuação buscam trocar informações sobre seus processos internos a fim de melhorar sua organização e seu desempenho dentro do mercado.

Conforme Xenos (1998), gerenciar é atingir metas. A fim de corrigir os resultados indesejados de um processo e atingir as metas planejadas, empresas fazem o uso do método de gerenciamento conhecido como PDCA. Este método é composto pelas seguintes etapas: Planejamento (*PLAN*), Execução (*DO*), Verificação (*CHECK*) e Atuação (*ACTION*). Seguindo a sequência exemplificada pela figura 3.

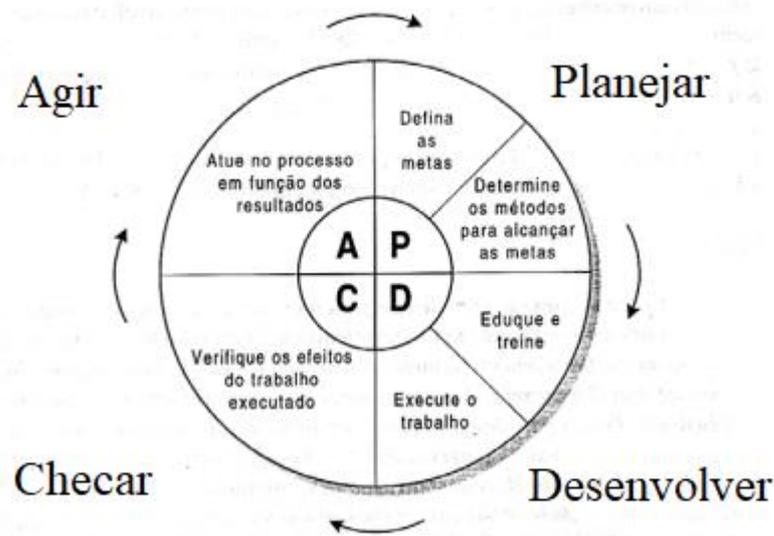


Figura 3: Ciclo PDCA.
Fonte: Xenos(1998).

A figura 3 mostra a sequência lógica e as etapas que a metodologia de melhoria contínua segue. O giro do ciclo PDCA se dá necessário quando algum problema é identificado, por exemplo: alto custo de manutenção, alto número de paradas não programadas ou alto índice de falhas recorrentes. Assim, a primeira etapa deste método é o planejamento que define as metas, analisa o processo, assim como os métodos para atingir o objetivo final. Em seguida, a etapa de execução é utilizada para realizar as ações planejadas para que as metas sejam alcançadas. A verificação é onde são analisados os resultados do trabalho executado. Por fim, a quarta etapa fica responsável por atuar nos resultados obtidos sempre de acordo com a meta planejada (XENOS, 1998).

2.3 Melhoria Contínua

Em um cenário mundial de alta competitividade e a busca pela melhoria em seus processos da linha de produção, empresas buscam não somente atingir suas metas e manter padrões de qualidade. Mas sim, há uma constante preocupação em realizar melhorias contínuas a fim de tornar o empreendimento mais competitivo, organizado, seguro e produtivo. Dessa forma, a metodologia japonesa denominada KAIZEN é aplicada em todos os setores de empresas a fim de atingir tais resultados.

Segundo Imai (2005), metodologia KAIZEN significa o melhoramento contínuo envolvendo todos os colaboradores da indústria em que está inserida. Este método não é

exclusivo a empreendimentos, mas pode ser abrangido como modo de vida (no trabalho, na sociedade ou em casa) que busca uma constante melhoria.

O conceito de KAIZEN surgiu no Japão entre as décadas de 1950 e 1960, e foi um dos grandes responsáveis para a reestruturação de empresas no período pós Segunda Guerra Mundial, que tiveram que começar praticamente do zero. Esta metodologia pode ser entendida como conceito de guarda-chuvas, que engloba práticas “exclusivamente japonesas” que atingiram aplicação em todo mundo de acordo com Imai (2005), como exemplificado a baixo:



Figura 4: O Guarda-Chuva do KAIZEN
Fonte: Imai (2005).

A figura 4 lista todas as ferramentas, as metodologias e as atitudes que estão sob o guarda-chuva do conceito de KAIZEN. As implicações dessas ferramentas de qualidade, inseridas na metodologia KAIZEN, foram responsáveis por gerar em empresas do Japão, a maneira de pensar voltada para os processos e a desenvolver estratégias que assegurassem a melhoria contínua, envolvendo diferentes níveis hierárquicos de uma instituição (IMAI, 2005).

A aplicabilidade do KAIZEN pode-se dar diretamente pela prática do controle total da qualidade (TQC), que é definida pelas atividades de controle da qualidade na empresa inteira segundo Imai (2005). O TQC não se preocupa em apenas agregar qualidade ao produto, mas sim há uma preocupação em incorporar qualidade em todas as pessoas da empresa, independentemente de seu cargo de atuação. “A empresa capaz de incorporar a qualidade no

seu pessoal já está na metade do caminho para a fabricação de produtos de qualidade” (IMAI, 2005, p 37).

Isso significa ajudar os colaboradores a estarem cientes do KAIZEN, identificando problemas em todas as áreas a fim de melhorá-los. Para resolver esses problemas as pessoas devem receber treinamento sobre o uso correto de ferramentas para solução de problemas, como o PDCA por exemplo. Assim que o problema for resolvido, os resultados devem ser avaliados, caso necessário aplicar melhorias e padronizar os processos realizados a fim evitar a recorrência do problema.

Segundo Mankichi Tatenó (1965) *apud* Imai (2005) a empresa *Japan Steel Works* ao introduzir o TQC em seus processos focou-se nas seguintes metas:

- Oferecer produtos e serviços de que satisfaçam o consumidor e ganhem sua confiança;
- Aumentar os lucros da corporação através de melhores procedimentos de trabalho, menos defeitos, custos menores, menor serviço de cobrança e preenchimento mais vantajoso de pedidos;
- Ajudar aos empregados a atingirem o seu máximo potencial na realização das metas da empresa.

Para isso, ainda de acordo com a autora, devem ser analisados dados estatísticos referentes aos processos em questão. Ou seja, os problemas em estudos devem ser quantificados o máximo possível, fazendo com que os colaboradores da empresa trabalhem com dados concretos e não com pressentimentos. Percebe-se então, que ao aplicar essa metodologia cria-se uma maneira de pensar diretamente voltada para a melhoria de processos e o alcance de metas.

2.4 Métodos de perfuração

Um método de perfuração deve possibilitar maneiras de erodir ou fraturar formações para, basicamente, a extração de minerais e água. A utilização de máquinas perfuratrizes é responsável por fragmentar rochas e por realizar furos no solo. No âmbito de empresas mineradoras, esses equipamentos são muito utilizados a fim de realizar furos em áreas de desmonte, ou seja, em locais onde se deseja extrair minerais por ação de explosivos.

As perfuratrizes, de modo geral, são divididas em:

Perfuratrizes percussivas: são responsáveis por fragmentar a rocha por meio da rotação da broca combinado com impactos percussivos de alta frequência transmitidos da broca ao material a ser perfurado. Um modelo de perfuratriz percussiva é exemplificado na figura 5.



Figura 5: Perfuratriz percussiva
Fonte: Matosky (2009).

Os impactos percussivos são originados por um sistema que conta com a movimentação de um pistão dentro de um cilindro pela impulsão provocada por acionamento hidráulico, pneumático ou elétrico. Já o sistema rotativo é dado pela rotação de um pequeno arco de círculo quando o pistão impacta a broca. Quando o ar comprimido entra na câmara a cabeça do pistão é impulsionada, que por sua vez impulsiona o sistema de catraca acarretando no giro da broca.

Perfuratrizes rotativas: são comumente utilizadas para realização de furos a grandes profundidades e têm seu sistema de funcionamento dado pela rotação de um corpo cortante que exerce pressão constante sobre a extremidade da haste de perfuração. Seus componentes são indicados na figura 6.

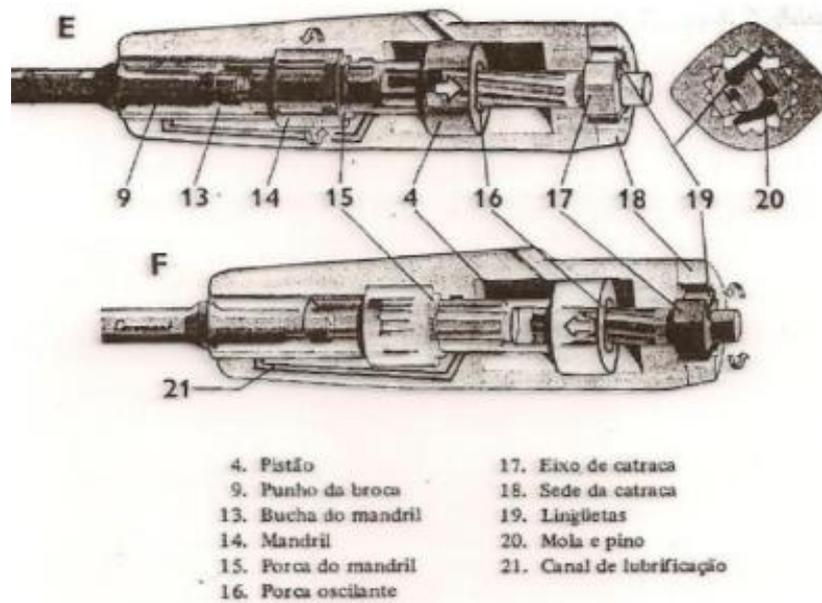


Figura 6: Perfuratriz rotativa.
Fonte: Matosky (2009).

Tal rotação é dada pela atuação de um motor, elétrico ou à combustão interna, através dos componentes identificados na figura 6, que permitem a aplicação de pressão constante suficiente para a broca/bit de perfuração ultrapasse a resistência de compressão do material a ser perfurado.

Perfuratrizes rotativo-percussivas: são equipamentos que combinam o funcionamento das perfuratrizes percussivas com as rotativas, de forma que além da rotação que ocasiona a pressão contínua na haste há também a presença de percussão sobre a broca. Essas máquinas contam ainda com um sistema de rotação reversível, o que permite girar a haste de perfuração em ambos os sentidos. Um modelo muito utilizado deste sistema de perfuração é representado pela figura 7.



Figura 7: Perfuratriz rotativa-percussiva MD6250.
Fonte: Caterpillar (2019).

Na figura 7, percebe-se que além da haste de perfuração, a perfuratriz é composta por chassi e outros componentes que permitem seu funcionamento. Em geral, as perfuratrizes rotativas contam com motores, gerador de energia, compressor, filtros de ar e componentes hidráulicas que auxiliam na elevação e nivelamento do equipamento.

2.5 Considerações finais

Diante a revisão bibliográfica apresentada neste capítulo, pode se obter um maior entendimento sobre os conceitos apresentados, os quais auxiliaram na elaboração deste estudo. Os princípios de manutenção mecânica, gestão da manutenção, melhoria contínua e métodos de perfuração foram fundamentais para que embasamento teórico fosse empregado na prática.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipos de pesquisa

Com intuito de detalhar este trabalho, é importante esclarecer e identificar o tipo de pesquisa que mais se adequa a esse estudo.

Segundo, Gil (2002, p 41) “com relação às pesquisas, é usual a classificação com base em seus objetivos gerais. Assim, é possível classificar as pesquisas em três grandes grupos: exploratórias, descritivas e explicativas”.

As pesquisas exploratórias, de acordo com Gil (2002), têm como objetivo uma maior aproximação com o problema, tornando-o mais claro e mais questionável. Ou seja, tem como objetivo estimular o aprimoramento de ideias através do levantamento bibliográfico relacionado ao estudo, através de entrevistas com pessoas que já tiveram experiência com o problema e por fim a análise de dados e indicadores para a uma melhor compreensão da pesquisa.

Conforme Gil (2002, p 42) “as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis”. Este tipo de pesquisa tem como objetivo analisar em um determinado grupo por exemplo: a distribuição por idade, por sexo, por classe social ou por estado de saúde. Se incluem também nesse tipo de pesquisa os levantamentos de índice de criminalidade, taxa de desemprego, ou até opiniões, atitudes e crenças de determinada população.

Já as pesquisas explicativas, têm como foco identificar os fatores que determinam a ocorrência de algum fenômeno. Ou seja, ela procura se aprofundar na realidade do estudo a fim de compreender o porquê do caso ocorrido, de acordo com Gil (2002). Dessa forma, este tipo de pesquisa se torna mais complexa, já que risco de cometer erros aumenta consideravelmente comparado com os outros tipos de objetivo de pesquisa.

De acordo com Oliveira (2011, p 24), “as pesquisas científicas podem ser classificadas, quanto à natureza, em dois tipos básicos: qualitativa e quantitativa”

As pesquisas definidas como qualitativas são aquelas que tem como base a percepção do fenômeno dentro de seu contexto. Este tipo de pesquisa tem como objetivo explicar a

origem, as mudanças e as consequências de um problema através do contato direto com a situação estudada, segundo Gil (2002). De acordo com Oliveira (2011), os dados analisados são puramente descritivos como por exemplo: descrição de pessoas, de acontecimentos, fotos, desenhos e documentos.

As pesquisas quantitativas procuram quantificar os dados estruturados, estatísticos, analisando uma grande amostra de informações a fim de aplicar uma determinada análise estatística para explicar o problema em estudo, segundo Oliveira (2011).

Se faz necessário classificar também o tipo estudo quanto a procedimento de pesquisa utilizado.

Conforme Gil (2002, p 44),” A pesquisa bibliográfica é desenvolvida em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”. Ou seja, essas pesquisas são desenvolvidas exclusivamente a partir de fontes bibliográficas. O autor ainda classifica a diversas fontes bibliográficas conforme mostrado na figura 8.

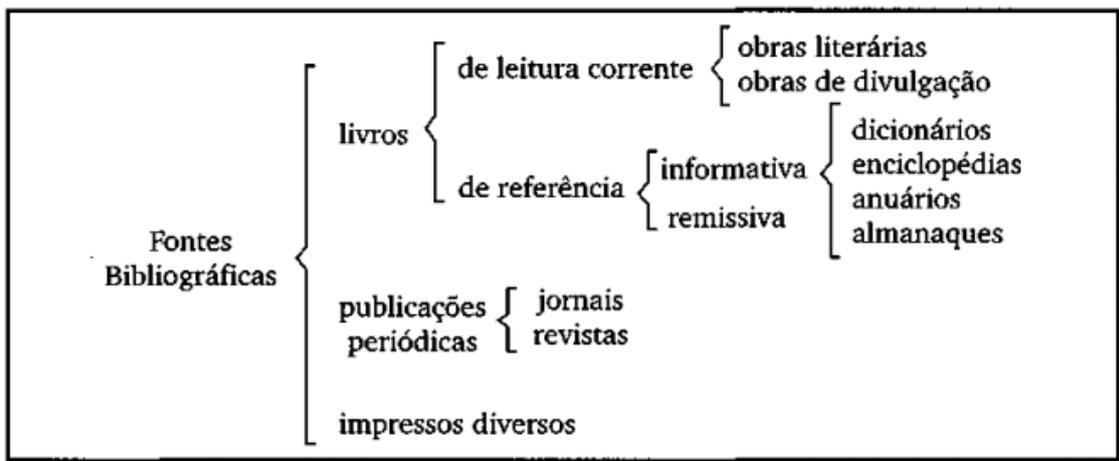


Figura 8: Classificação de fontes bibliográficas.

Fonte: Gil (2002).

Dessa forma, a pesquisa bibliográfica permite ao investigador utilizar de diversas fontes de pesquisa para melhor analisar e estudar o fenômeno em questão, como é apresentado na figura 8. Este tipo de pesquisa se dá também em estudos históricos, uma vez que muitas vezes não há como conhecer os fatos do passado a não ser pelo estudo de dados bibliográficos de acordo com Gil (2002).

Já o estudo de caso, consiste em um estudo profundo e rigoroso do fenômeno analisado, a fim de se obter um amplo e detalhado conhecimento. Este tipo de procedimento

costuma ser utilizado tanto como projeto-piloto para esclarecimento do campo de pesquisa quanto em descrição de um problema incomum, segundo (GIL, 2002).

De acordo com Yin (2001) apud Gil (2002) “o estudo de caso é mais adequado para a investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto real, onde os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente percebidos”. Evidenciando, assim, que este tipo de pesquisa necessita de uma boa aproximação e acompanhamento do investigador em relação ao problema estudado.

Diante da definição dos tipos de pesquisa quanto ao objetivo, quanto a natureza e quanto ao procedimento pode-se afirmar que o trabalho presente se enquadra como um tipo de pesquisa exploratória, qualitativa, pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

Uma vez que o acompanhamento do problema foi feito de forma diária, explorando os processos estudados diretamente e com auxílio de colaboradores experientes no setor analisado, o trabalho pode ser considerado como exploratório. A natureza da pesquisa se identifica como qualitativa, pois o fenômeno foi analisado dentro de seu contexto, por meio do contato presencial com o problema, além de que os dados analisados foram puramente descritivos. O trabalho pode ser definido também como uma revisão bibliográfica, pois foram utilizadas diferentes literaturas a fim realizar o embasamento teórico apresentado. Por fim, a investigação do fenômeno foi realizada dentro de um contexto real, com a aproximação do investigador com o problema em questão, caracterizando um estudo de caso.

3.2 Materiais e métodos

A fim de atingir o objetivo final do estudo, que é analisar e identificar todas as melhorias de manutenção que a fabricação do componente TOPSUB para perfuratrizes pode trazer a esses equipamentos em uma empresa de mineradora, foram identificadas e planejadas as etapas de desenvolvimento do estudo através do seguinte fluxograma, representado pela figura 9.

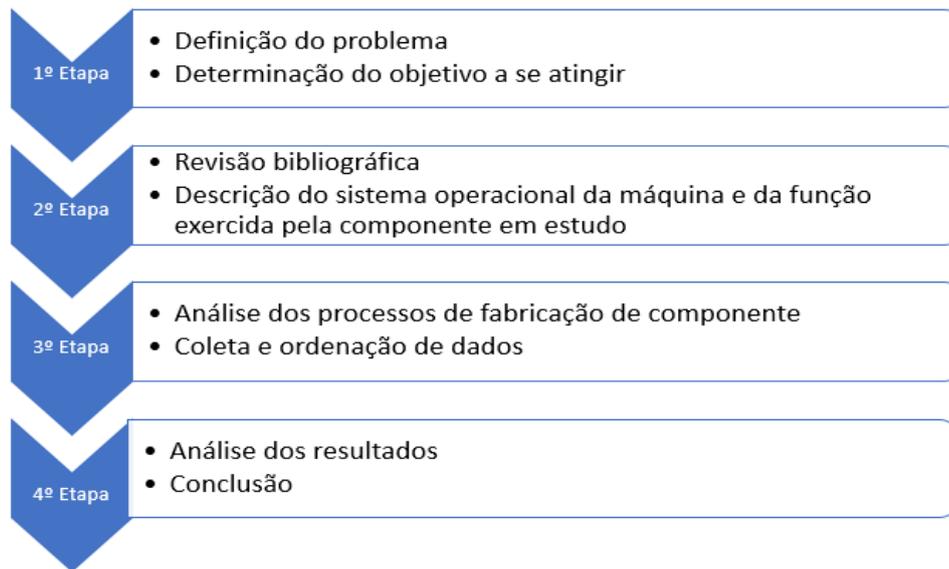


Figura 9: Materiais e métodos.
Fonte: Pesquisa direta (2019).

Seguindo o planejamento apresentado no figura 9, a definição do problema e do objetivo final do trabalho foi escolhida através do acompanhamento direto e presencial das máquinas perfuratrizes em que foram instalados o novo componente.

Em seguida se fez necessário a consulta e estudo de livros, artigos e dissertações sobre manutenção e melhoria continua a fim de aprofundar os conhecimentos sobre estas áreas, podendo aplica-las ao estudo. Foi necessário também um entendimento do funcionamento das perfuratrizes e do componente fabricado pela empresa mineradora.

Já na terceira etapa foram analisados todos os processos necessários para a fabricação interna da componente TOPSUB, desde a sua matéria prima até a aplicação final. Decorrido essas etapas, foi utilizado o *software* SAP para a análise dos dados referentes ao custo, a vida útil, ao controle de desgaste, as datas de troca e ao *lead time* novo produto fabricado.

Por fim, foram verificados e analisados os resultados que a fabricação interna da componente TOPSUB trouxeram para a frota de perfuratriz e a fim de se obter uma clara e consistente conclusão.

3.3 Variáveis e indicadores

De acordo com Gil (2002), variáveis são definidas como tudo aquilo que é usado para assumir diferentes valores e aspectos. Dessa forma, a fim de quantificar essas variáveis são adotados indicadores pelos quais é possível se obter um maior entendimento e uma melhor resolução do problema. A variável e os indicadores adotados neste trabalho estão listados de acordo com a tabela 1.

Tabela 1: Variáveis e indicadores

Variáveis	Indicadores
Top sub	Especificação Custo de aquisição MTTR - Tempo Médio de Reparo Processos de fabricação Tempo de entrega(lead time) Desenho

Fonte: Pesquisa direta (2019).

Observa-se que na tabela 1 os dados essenciais para a realização da pesquisa. As variáveis são associadas ao TOPSUB e interpretadas quantitativamente e qualitativamente pelos indicadores.

3.4 Instrumento de coleta de dados

As informações sobre todas as paradas em equipamento são armazenadas na planilha da central de informação da manutenção (CIM). Essa planilha é elaborada no *software* Excel no qual contém: as datas e horários em que foram realizadas as manutenções, a máquina em que se realizou a atividade, a frota, o tipo de manutenção, o relato do operador, a atividade de fato realizada, além do número da nota e da ordem realizada.

Já as informações sobre a fabricação do novo componente foram obtidas através do acompanhamento dos processos de fabricação juntamente com especialistas da área. Referente aos custos de produção e tempo de entrega do TOPSUB foi utilizado o *software*

SAP. Nele foi possível identificar esses dados, assim como o histórico de compra de peças, a quantidade de material disponível em estoque e o cálculo de mão de obra utilizada para a fabricação de um novo componente.

3.5 Tabulação de dados

Os dados são tabulados através do *software* Microsoft Excel, a fim de agilizar e organizar a localização de informações desejadas sobre manutenção. Sendo utilizado também como banco de dados. Já o *software* SAP foi utilizado para se obter informações de compra de peças, estoque e custos de fabricação. Este programa também permite a criação e controle de ordens de serviço.

3.6 Considerações finais

Neste capítulo foram abordados o tipo de pesquisa que mais se identifica com esse trabalho, os materiais e métodos utilizados a fim de planejar as etapas do estudo de maneira clara e objetiva. E por fim, foram apresentadas as variáveis e indicadores que foram trabalhadas, além de demonstrar a forma de coleta de dados e como organiza-los para que o objetivo final do estudo seja alcançado.

O próximo capítulo é composto pelos resultados analisados relativos ao estudo de caso em questão, assim como a aplicação da metodologia de estudo definida e por fim são discutidos os resultados apresentados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Características da empresa, setores e equipamento.

A empresa do setor de mineração em que foi realizado o estudo atua diretamente com extração, beneficiamento, classificação, transporte, aproveitamento e exportação de recursos minerais. Entre seus ativos, a instituição conta com usinas siderúrgicas, minas de minério de ferro, calcário, dolomita e estanho, terminais portuários, além de participação em ferrovias e em usinas hidrelétricas.

O minério de ferro é um dos principais produtos da empresa, estando entre os dez maiores exportadores desse ativo do mundo. Suas minas são consideradas como os maiores complexos mineradores a céu aberto do Brasil, possibilitam a extração em grandes quantidades de minério de ferro.

O processo produtivo deste ativo é representado pela figura 10.

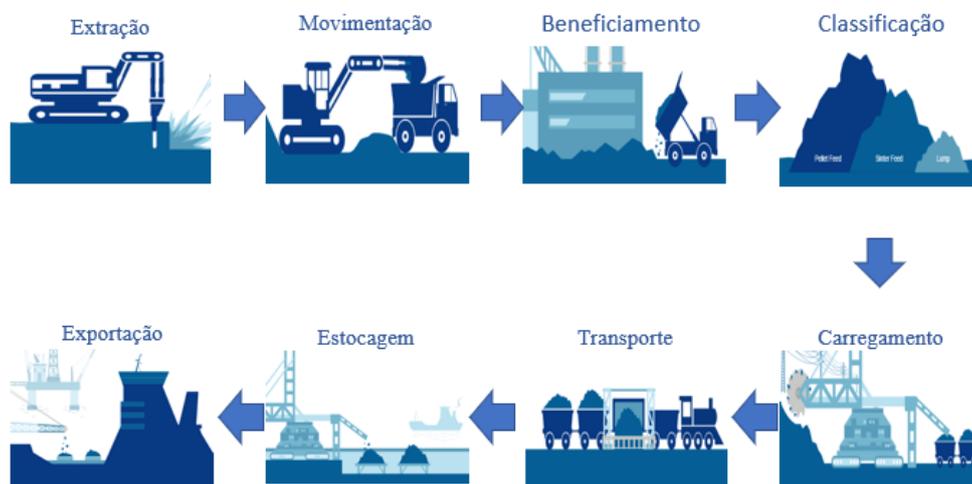


Figura 10: Fluxo produtivo de minério de ferro.
Fonte: Pesquisa direta (2019).

A primeira etapa deste processo, indicado pela figura 10, consiste na extração do minério, que é facilitada pela utilização de diversos equipamentos de mina, os quais podem se destacar as perfuratrizes como responsáveis pela perfuração de rochas e solos, possibilitando o desmonte dos mesmos por meio de explosivos. São utilizadas também tratores, escavadeiras

e carregadeiras para movimentar a massa de minério, gerada após o desmonte, até os caminhões fora de estrada, responsáveis para o transporte deste ativo até os britadores.

O britador primário, onde os blocos de minério são reduzidos em partículas pequenas são responsáveis pela primeira etapa do beneficiamento. Em seguida, é realizada a moagem que também é encarregada de reduzir a granulometria do minério, através de moinhos, adequando o produto para os seguintes processos. Ocorre também a separação do rejeito do minério, o qual não há interesse econômico.

Seguidamente, o produto é separado através de peneiras e outros métodos de separação, e por fim classificados de acordo com sua granulometria e teor de ferro apresentado. De forma que depois de produzido, o minério segue por correias transportadoras até os pátios de estocagem. Nos pátios, máquinas recuperadoras retiram o minério das correias e o armazena em pilhas.

Após este processo, as pilhas de minério são movimentadas para o carregamento de vagões de trens, que são responsáveis pelo transporte do ativo por vias ferroviárias até os terminais portuários. Através de máquinas recuperadoras e empilhadeiras, o minério de ferro, que chega ao porto por ferrovias, é posicionado em porões de navios que levam o produto para outros países.

Sendo, assim, empresa é considerada como altamente integrada, com negócios em siderurgia, mineração, cimento, logística e energia.

A entidade atua em todas as etapas da cadeia produtiva do aço, desde a extração do minério de ferro, até a produção e comercialização de uma diversificada linha de produtos siderúrgicos de alto valor agregado, incluindo aços planos revestidos galvanizados e folhas metálicas que abastecem a indústria automobilística, a construção civil, os fabricantes de eletrodomésticos e o setor de embalagens.

A empresa é constituída por diversos setores que têm como objetivo contribuir com a complexa cadeia produtiva a fim de produzir um minério de qualidade e de alta competitividade no mercado. Dessa forma, garantir o planejamento e a execução da manutenção assertiva e confiável de equipamentos, é considerado como um processo fundamental com a finalidade de atingir as metas e os objetivos da empresa.

Assim, a gerência de manutenção de equipamentos de grande porte exerce um papel fundamental para cadeia produtiva da instituição. Uma vez que, manutenções assertivas e

eficazes fazem com que os equipamentos permaneçam por mais tempo em operação em sua frente de trabalho, contribuindo positivamente para a produção do minério de ferro.

Atualmente, o setor estudado, que se encontra inserido na Gerência de Manutenção de Grande Porte – GMGP é responsável pela execução da manutenção de equipamentos de infraestrutura e perfuração. Esses equipamentos de grande porte são: motoniveladoras, tratores de esteira, tratores de pneu e perfuratrizes. Assim, a empresa adota estratégias e técnicas através do gerenciamento de manutenção mecânica para que seus equipamentos operem com uma alta disponibilidade física, a fim de garantir qualidade e segurança nos seus processos.

A execução do setor de Infraestrutura e Perfuração divide suas atividades em manutenções preventivas, corretivas e preditivas com uma equipe constituída por técnicos, mecânicos, eletricitase engenheiros.

A figura 11 representa o organograma da gerência de Manutenção de Grande Porte e da coordenação de execução da manutenção de equipamentos de infraestrutura e pefuração da empresa estudada.

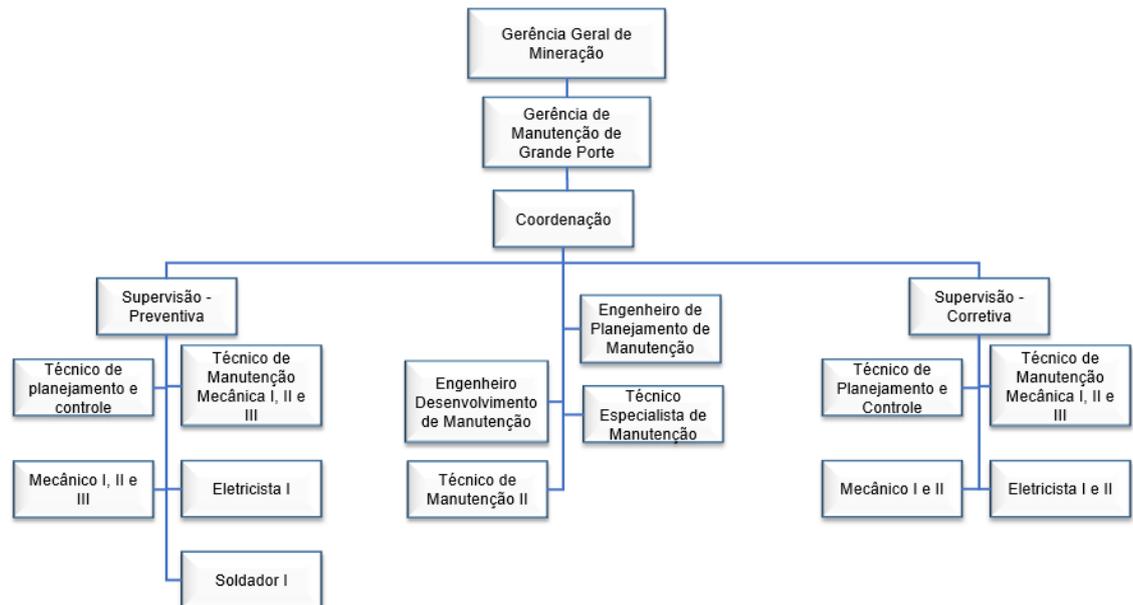


Figura 11: Organograma do setor.
Fonte: Pesquisa direta (2019).

Como indicado na figura 11, a Gerência Geral de Mineração representado por um gerente geral administra outras gerências a fim de garantir um funcionamento adequado dos processos da empresa. Inserido nesta gerência está a Gerência de Manutenção de Grande Porte que compreende a Coordenação responsável pela execução dos equipamentos de infraestrutura e perfuração. O coordenador responsável conta com uma equipe constituída por supervisores de manutenção corretiva e preventiva, além de engenheiros, técnicos, mecânicos, eletricitas e soldadores especializados em executar a manutenção destes equipamentos.

Dentre os equipamentos de grande porte utilizados pela mineradora, as perfuratrizes obtêm grande destaque devido sua participação direta na extração do minério de ferro. Esses equipamentos fazem, através da perfuração mecânica, a ruptura de rochas para que as mesmas sejam carregadas. E, também são utilizadas para realizar furos em locais onde se deseja extrair o minério por meio do desmonte a fogo. De forma que os explosivos são introduzidos nos furos do corpo de minério a ser detonado.

Tais procedimentos são essenciais na cadeia produtiva da mineradora, uma vez que estes equipamentos permitem a rápida extração do minério. Dado que a empresa tem como objetivo produzir um minério de ferro de qualidade e altamente competitivo no mercado, a

extração desse ativo em suas minas está diretamente relacionado a capacidade de aumento produtivo.

As máquinas perfuratrizes em operação da empresa mineradora em que se baseia o presente estudo são Atlas Copco modelo DM45 e Caterpillar modelo MD6290.

4.2 Diagnóstico do problema

Devido a alta utilização dessas máquinas perfuratrizes no setor minerário, a execução da manutenção das mesmas deve ser confiável, assertiva e preocupada em realizar melhorias. Dessa forma, as paradas preventivas desses equipamentos são planejadas para substituir componentes que estejam perto do final de sua vida útil, além de minimizar perdas por desgaste e avarias excessivas. A manutenção corretiva também ocorre a fim de tratar falhas e defeitos que as perfuratrizes podem apresentar.

Contudo, apesar da boa execução dos métodos de manutenção alguns fatores podem impactar negativamente no desempenho ideal desses equipamentos. Como por exemplo o atraso de entrega de componentes por empresas fornecedoras. Esse atraso prejudica o planejamento quanto ao período ideal para troca de determinada peça. O que pode acarretar em falhas catastróficas, que causam uma perda total e irrecuperável, para os equipamentos e danos a vida de colaboradores que estão na frente de trabalho.

No presente estudo, a identificação do problema foi dada pelo atraso de entrega do componente TOPSUB. A empresa fornecedora tinha contrato de entregar o componente no prazo máximo de 80 dias. Porém a mesma não cumpria o acordo pré-estabelecido, fazendo com que o prazo fosse estendido regularmente.

O componente se localiza na torre de perfuração de perfuratrizes rotativas percussivas de grande porte e tem como função evitar o desgaste da rosca de conexão entre a haste de perfuração e o amortecedor de choque desses equipamentos.

A figura 12 demonstra o acoplamento entre o TOPSUB e o amortecedor de choque.



Figura 12: TOPSUB acoplado com amortecedor de choque.
Fonte: Pesquisa direta(2019).

Como representado pela figura 12, o amortecedor de choque, localizado na parte superior da imagem, está acoplado ao componente estudado. O TOPSUB tem como objetivo impedir o desgaste das roscas internas do amortecedor de impacto, garantindo, assim, um melhor desempenho de perfuração combinado com uma economia em não necessitar substituir o amortecedor por desgastes precoces. Além da possibilidade em conseguir evitar falhas catastróficas já que esses componentes trabalham sob uso severo.

A mineradora adquire os amortecedores de choque para os seus modelos de perfuratrizes diretamente com dois fornecedores. Os valores de aquisição desses componentes são de R\$ 200172,23 e de R\$ 314387,45, de acordo com o fornecedor selecionado. Assim, evitar o desgaste precoce de amortecedores é avaliado como um considerável ganho financeiro para a empresa.

Outro agravante foi que com a demora de entrega desses componentes e falta dos mesmo em estoque, os TOPSUBs já instalados na frota de perfuratrizes apresentavam alto desgaste como demonstrado na figura 13.

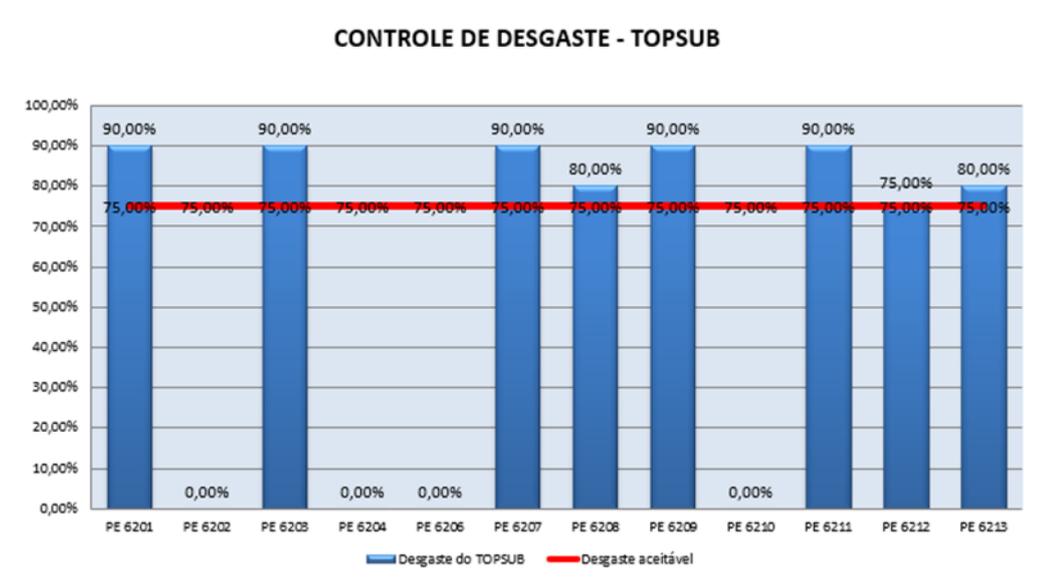


Figura 13: Controle de desgaste
Fonte: Pesquisa direta (2019).

O gráfico exibido pela figura 13, indica que sete equipamentos de perfuração apresentavam desgaste no componente de conexão acima do aceitável (75%). Considerando que essas perfuratrizes estavam em operação, a possibilidade de ocorrência de graves acidentes era alta. Uma vez que a haste de perfuração poderia desengatar do TOPSUB, podendo derrubar o equipamento ou até mesmo atingir algum colaborador, máquina ou estrutura que estivesse próximo a perfuratriz. Dessa forma, conclui-se que a maioria da frota de perfuratrizes não se encontrava em condições ideais e seguras de operação.

Diante este cenário, foi analisada e estudada a possibilidade de fabricação do componente TOPSUB internamente na empresa por meio da Oficina Central. Setor da mineradora que auxilia a manutenção com reforma e fabricação de peças e ferramentas, através de processos de usinagem e calderaria.

4.3 Fabricação interna do componente TOPSUB

A coluna de perfuração é um dos principais componentes do sistema de rotação e perfuração. Ela transfere energia em forma de rotação e de compressão aplicados sobre a broca / Bit, causando a trituração das rochas. A figura 14 demonstra as peças constituintes da torre de perfuração.

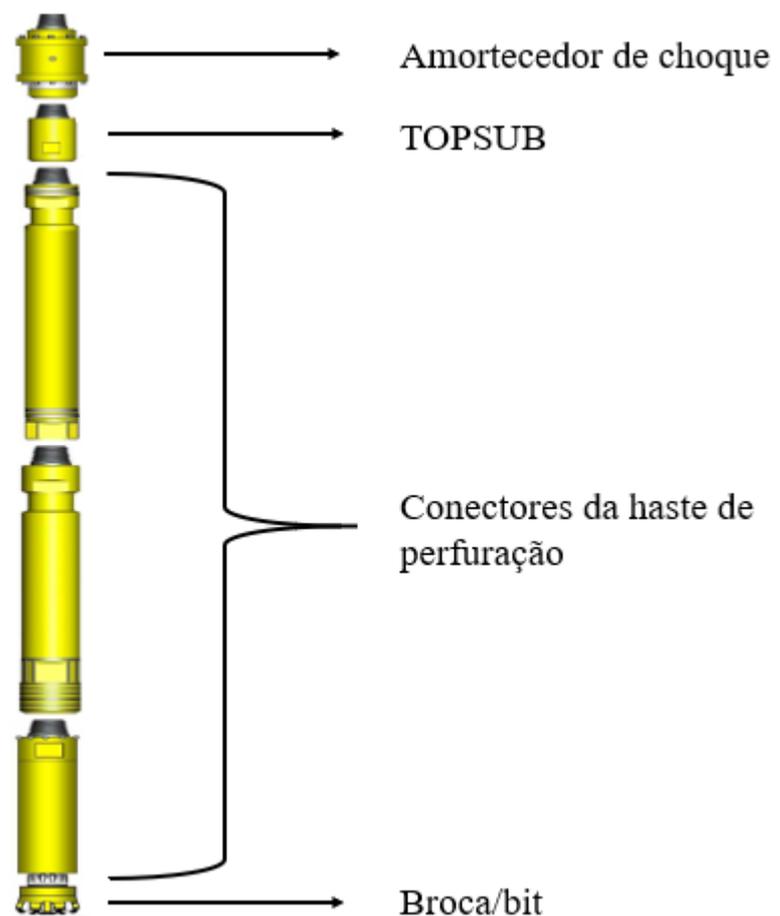


Figura 14: Componentes da torre de perfuração.
Fonte: Catálogo perfuratrizes Atlas Copco DM45 (2016).

Os componentes representados na figura 14 estão localizados na torre de perfuração das máquinas estudadas. O amortecedor de choque, situado na parte superior da imagem é responsável por absorver o impacto gerado pela perfuração, amenizando a força axial exercida sobre a cabeça rotativa desses equipamentos. Já o TOPSUB, funciona como conector entre a

haste de perfuração e o amortecedor de choque, evitando o desgaste direto das roscas de conexão desses componentes. A haste de perfuração localizada abaixo do TOPSUB transfere a energia do movimento roto-percussivo para realizar a perfuração. Por fim, abaixo da haste de perfuração se encontra a broca/bit que é responsável por realizar furos em solos e também por permitir a fragmentação de rochas.

Dada a importância do componente TOPSUB para garantir um bom desempenho de operação das perfuratrizes e o cenário crítico em que a frota se encontrava, foi estudada a possibilidade de fabricação interna desses componentes através do reaproveitamento de hastes de perfuratrizes que eram descartadas devido desgastes em suas paredes externas. Contudo as roscas internas desses componentes se encontravam preservadas.

A figura 15 mostra a área onde foram descartadas as hastes de perfuração.



Figura 15: Sucata das hastes de perfuração.
Fonte: Pesquisa direta (2019).

Dessa forma, devido ao alto volume de descarte deste material, como pontuado pela figura 15, foi observada a possibilidade de reaproveitá-los através de corte a quente próximo a rosca interna de conexão, já que as mesmas não apresentavam desgaste.

Após o corte das hastes de perfuração em secções onde se pode aproveitar as roscas de conexão interna, o material foi separado e enviado à Oficina Central, como indica a figura 15.



Figura 16: Rosca interna da haste de perfuração.
Fonte: Pesquisa direta (2019).

A figura 16 demonstra o tubo da haste de perfuração que é obtido após a realização do corte do material descartado. O corte é realizado de acordo com as dimensões que se deseja para o produto final, levando em consideração o que será aproveitado no processo seguinte. Em seguida, o tubo deve passar por um processo de usinagem, onde o mesmo toma forma final do TOPSUB de acordo com as especificações estabelecidas pelos catálogos dos fornecedores.

O procedimento de usinagem realizado pela Oficina Central, é o processo conhecido como torneamento. Como representado pela figura 17.

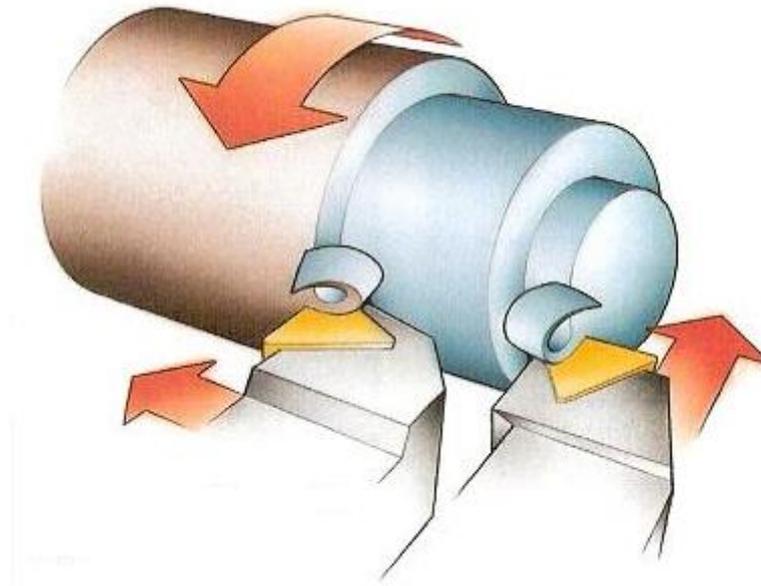


Figura 17: Torneamento mecânico.
Fonte: usinagem-brasil (2009).

Conforme a figura 17, o torneamento consiste em um processo de usinagem utilizado para a fabricação de peças cilíndricas, sendo o método de usinagem mais utilizado. O torneamento é realizado por meio do deslocamento linear, avanço, da ferramenta de corte, enquanto a peça fixada exerce um movimento rotacional. O movimento de avanço da ferramenta pode ser ao longo da peça, o que significa que o diâmetro da peça será reduzido. Alternativamente a ferramenta pode avançar em direção ao centro, para o final da peça, o que significa que a peça será faceada. Dessa forma, ao final do torneamento é possível a obtenção da peça com as dimensões e os diâmetros desejados.

Ao final da usinagem da peça a empresa obteve o componente TOPSUB fabricado internamente como indicado na figura 18.

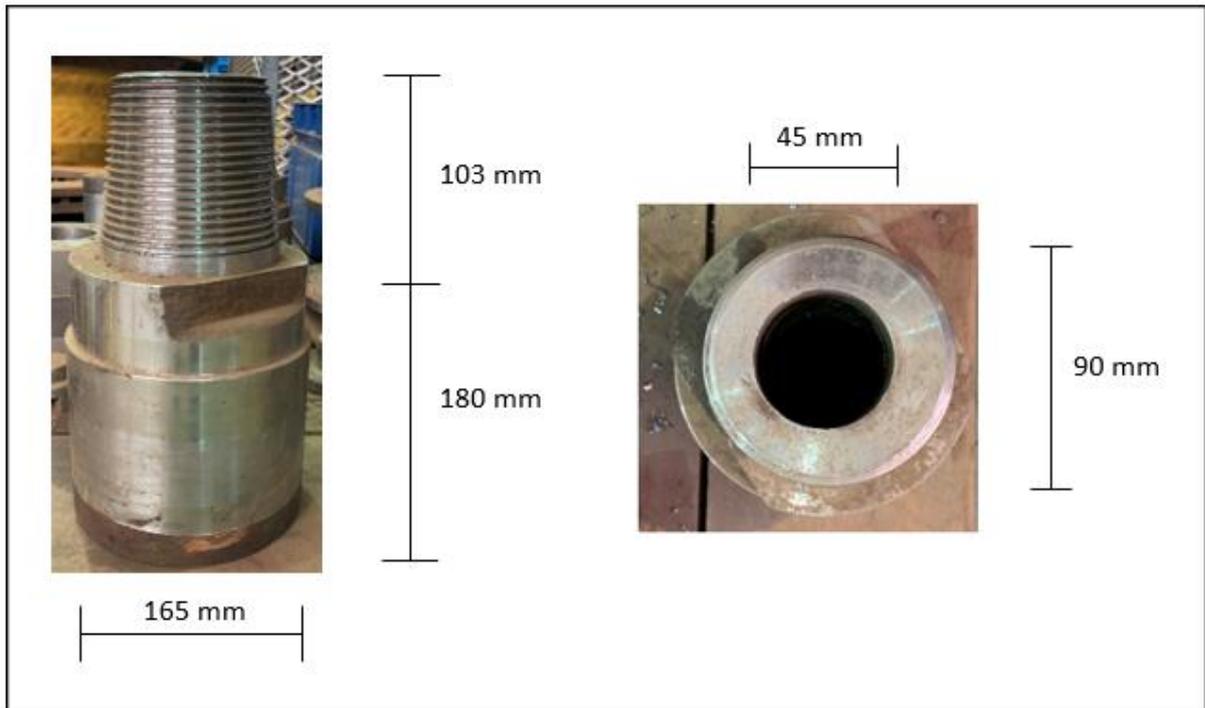


Figura 18: TOSUB fabricado.
Fonte: Pesquisa direta (2019).

O novo produto segue as mesmas especificações dos componentes que eram fornecidos e aplicados nas perfuratrizes, conforme demonstrado pela figura 18. O TOSUB possui 283 mm de altura, diâmetro da base igual a 165 mm, diâmetro menor de 90 mm, além de apresentar o passo da rosca igual a 5 mm. De forma a garantir o alto desempenho e segurança de operação dessas máquinas de perfuração.

Ao final da fabricação do novo componente foram analisados e calculados os indicadores presentes no estudo através do *software* SAP adquirido a fim auxiliar nos processos da empresa mineradora. Dessa forma, comparou-se o custo de compra de um novo TOSUB com o custo para realizar a fabricação interna, como apresentado na tabela 2.

Tabela 2: Viabilidade financeira

TOPSUB fornecedor					TOPSUB fabricado internamente					
Código	Descrição	Quant	Valor de contrato	Valor total	Código	Descrição	Quant	Valor de contrato	Valor total	
9E+06	ADAPTADOR TOPSUB FORNECEDOR	1	\$ 8.170,59	\$ 1.992,83	-	CONFECCIONAR TOPSUB PARA PE-6213	1	-	\$ 797,23	
					-	CONFECCIONAR TOPSUB PARA PE-6211	1	-	\$ 701,05	
					-	CONFECCIONAR TOPSUB PARA PE-6207	1	-	\$ 895,79	
				Total	\$ 1.992,83				Valor médio	\$ 798,02

Fonte: Pesquisa direta (2019).

Conforme indicado na tabela 2, a viabilidade financeira para a fabricação do TOPSUB internamente se mostrou positiva. Uma vez que para adquirir o produto diretamente com o fabricante tem-se um custo de \$ 1992,29 e o custo médio para confecção do novo componente para 3 perfuratrizes foi de \$ 798,02. O valor dos custos internos foram calculados com todas as etapas para o fabricação do TOPSUB, desde do reaproveitamento do material até o produto final, considerando a cotação do dolar de R\$ 4,10 no dia 17 de março de 2019.

Outro fator importante analisado foi o ganho em relação ao *leadtime*, que é o tempo de entrega do TOPSUB pronto. A empresa fornecedora tinha um prazo de entrega de no máximo 80 dias, enquanto a Oficina Central levou apenas 2 dias para a fabricação e entrega deste componente. O que leva ao ganho direto de MTTR (tempo médio de reparo), uma vez que a fabricação interna do novo componente permite que a máquina não fique inoperante por muito tempo aguardando chegada de peça. E por consequência, o aumento de disponibilidade física (DF) destes equipamento já que os mesmos permanecem mais tempo operando e menos tempo ociosos por falta de componente.

A tabela 3 organiza as melhorias atingidas pelo estudo.



Figura 19: Melhorias de manutenção.
Fonte: Pesquisa direta (2019).

Em vista do apresentado pela tabela 3, pode-se concluir que a fabricação interna do componente TOPSUB em uma empresa mineradora mostrou-se viável e contribuiu positivamente com a produção interna da instituição. Além do ganho financeiro, e da redução do *leadtime*, há também uma melhor apropriação da mão de obra interna combinada com uma contribuição ambiental, já que confecção do componente é dado a partir do reaproveitamento de um componente que seria descartado. Pode-se destacar também um menor tempo de parada em manutenção corretiva quando se necessita substituir o TOPSUB, e por fim, a atenuação de riscos de acidentes pela eliminação estado crítico de operação das perfuratrizes.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusão

A revisão bibliográfica e a metodologia aplicada neste estudo possibilitaram analisar os métodos e a gestão de manutenção combinado com processos de melhoria contínua, além de todo o processo de fabricação do componente estudado, com a finalidade de identificar as melhorias que a fabricação interna do componente TOPSUB contribuiu à frota de perfuratrizes.

Diante disto, pode-se afirmar que o objetivo deste trabalho foi alcançado. Uma vez a confecção interna do componente apresentou como melhorias a redução de 60% em relação ao custo de aquisição, a redução de 97,5% do *lead time*, um melhor reaproveitamento de sucata, maior apropriação da mão de obra interna, menor tempo de manutenção relacionadas a troca do TOPSUB, em conjunto com a melhoria no quesito de segurança de operação das perfuratrizes.

5.2 Recomendações

Baseado no estudo realizado, sugerem-se os seguintes trabalhos futuros:

1. Estudo sobre detalhado sobre o desempenho de perfuratrizes comparando diversos modelos e adaptações de TOPSUB.
2. Elaborar procedimentos operacionais quanto a fabricação interna de TOPSUB, avaliando todos os riscos à saúde e segurança.
3. Realização de projeto com patente para o componente TOPSUB.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

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

ATLAS COPCO. **Manual de perfuratriz DM45 S/N: 8444**. Texas (Estados Unidos): 2016.

CATERPILLAR. Especificações para perfuratriz MD6250. Disponível em: <https://www.cat.com/pt_BR/products/new/equipment/drills/rotary-drills/1000031083.html>. Acesso em: 01/05/2019.

GIL, A.C.; **Como elaborar projetos de pesquisa**/Antonio Carlos Gil.4.ed.-São Paulo: Atlas, 2002.

IMAI, Masaaki. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo**. 6. ed. São Paulo: Instituto IMAM, 2005.

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro:Qualitymark: Petrobrás, 2009.

MATOSKI, A. **Apostila de Perfuratrizes**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Construção Civil. 2009.

OLIVEIRA, M. F. **Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em Administração**. 2011. 72f. Manual (Pós-Graduação) – Universidade Federal de Goiás, Catalão.

USINAGEM-BRASIL. Processo de torneamento. Disponível em: <<http://www.usinagem-brasil.com.br/44-o-que-e-torneamento-/>> Acesso em: 06/07/2019

VIANA, H. R. G. **PCM - Planejamento e controle de manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2002. 167 p.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a manutenção produtiva**.Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, v. 171, 1998

Certifico que o aluno **André Freitas Fernandes de Oliveiras**, autor do trabalho de conclusão de curso intitulado **“Estudo das melhorias da fabricação interna do componente TOPSUB para auxiliar na manutenção de uma frota de perfuratrizes”**, efetuou as correções sugeridas pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.



DSc. Washington Luís Vieira da Silva

Orientador

Ouro Preto, 17 de dezembro de 2019