



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP**

**ESCOLA DE MINAS**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**



**ANNEHELE NARJARA NARRIMAM LIMA DA SILVA**

**ESTUDO DA MEDIÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA EQUIPE DE  
MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO: O CASO DE  
IMPLEMENTAÇÃO DO INDICADOR TEMPO FERRAMENTA  
(WRENCH TIME)**

**OURO PRETO - MG  
2022**

**ANNEHELE NARJARA NARRIMAM LIMA DA SILVA**

**annehele.silva@aluno.ufop.edu.br**

**ESTUDO DA MEDIÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA EQUIPE DE  
MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO: O CASO DE  
IMPLEMENTAÇÃO DO INDICADOR TEMPO FERRAMENTA  
(WRENCH TIME)**

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**

**2022**

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S586e Silva, Annehele Narjara Narrimam Lima Da.

Estudo da medição da produtividade da equipe de manutenção de uma empresa de mineração [manuscrito]: o caso de implementação do indicador tempo ferramenta (wrench time). / Annehele Narjara Narrimam Lima Da Silva. Annehele Narjara Narrimam Lima da Silva. - 2022.  
91 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. Equipes de manutenção. 2. Wrench time. 3. Produtividade. 4. Estudo de tempos e movimentos. 5. Empresa de mineração. I. Silva, Annehele Narjara Narrimam Lima da. II. Silva, Washington Luis Vieira da. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 621



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Annehele Narjara Narrimam Lima da Silva**

**Estudo da medição da Produtividade da equipe de manutenção de uma empresa de mineração: o caso de implementação do indicador Tempo Ferramenta (Wrech Time)**

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 03 de junho de 2022

### 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 14/06/2022



Documento assinado eletronicamente por **Washington Luis Vieira da Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/06/2022, às 17:07, 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](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0351447** e o código CRC **F98E18D7**.

Aos meus pais dedico mais esta etapa vencida. A minha irmã, toda minha família, namorado e amigos pelo carinho e apoio. À minha casa República Doce Mistura.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço aos meus pais, por serem meu amparo e motivação para seguir meus sonhos, todo apoio e dedicação que depositaram em mim. A minha irmã pelo carinho e amizade.

Ao meu orientador Washington Luis Vieira da Silva, pelo incentivo e orientação neste trabalho. Aos Engenheiros Gleyson Pinto, Gerci Jr e Gustavo Baumgratz pelas oportunidades profissionais, pela colaboração e ensinamentos. Ao Fabrício Hupp e Pamela Cremonini por todo apoio no projeto de produtividade.

Aos professores Thonimar Alencar e Edson Figueira pela paciência e oportunidades nos projetos de Iniciação Científica. A Ana Maura pela confiança em me tornar monitora da sua disciplina. Aos projetos e atividades extraclasse que me tornaram quem sou: Equipe FEMU, CAEMEC e CREA Jr. Aos professores da Engenharia Mecânica por contribuírem com a minha formação.

Aos colegas de graduação, em especial ao Bruno Cezar, por compartilhar os desafios do curso. Aos meus amigos que Ouro Preto me presenteou. À cidade de Ouro Preto por todos os momentos inesquecíveis. À República Doce Mistura, ex-alunas e moradoras. Ao Matheus La Guardia, com quem compartilho essa nova conquista.

## RESUMO

Este estudo tem como objetivo medir a produtividade da equipe de manutenção de uma empresa mineradora a partir da criação do indicador *wrench time*, tempo ferramenta, com o objetivo de identificar as interferências que impactam no tempo produtivo da equipe de manutenção através do maior entendimento da dinâmica das atividades executadas durante o período laboral. Para isso, foram aplicadas metodologias de caráter qualitativo, quantitativo, descritivo, exploratório, bibliográfico e estudo de caso. O instrumento de coleta de dados utilizado foi o método do estudo de tempos e movimentos, sendo possível discriminar de forma quantitativa o tempo gasto para cada atividade realizada pela equipe no setor e obter um entendimento qualitativo do ambiente observado. Com a utilização do método estatístico de amostragem para populações, o estudo foi estendido às equipes da empresa estudada e de suas empresas terceirizadas. As análises e resultados obtidos com o estudo foram satisfatórios, cada equipe teve suas peculiaridades, sendo na análise geral as maiores interferências: deslocamento 36,61%; atividades administrativas 26,31% e resolvendo problemas 17,97%. A partir do teste de hipótese foi provado que não há diferença estatística entre as amostras. O estudo foi fundamental para descrever a dinâmica do dia a dia de trabalho da equipe de manutenção, sendo o primeiro passo dado para esta compreensão, possibilitando a elaboração de melhorias, que abrangem, além de recomendações para trabalhos futuros em busca do melhoramento contínuo.

**Palavras-chave:** Equipes de manutenção. Produtividade. *Wrench time*. Estudo de tempos e movimentos. Empresa de mineração.

## ABSTRACT

*This study aims to measure the productivity of the maintenance team of a mining company from the creation of the wrench time indicator, tool time, in order to identify the interferences that impact the productive time of the maintenance team through a greater understanding of the dynamics of the activities performed during the working period. For this, qualitative, quantitative, descriptive, exploratory, bibliographic and case study methodologies were applied. The data collection instrument used was the method of time and motion study, being possible to discriminate quantitatively the time spent for each activity performed by the team in the sector and to obtain a qualitative understanding of the observed environment. By using the statistical sampling method for populations, the study was extended to the teams of the company studied and its outsourced companies. The analysis and results obtained with the study were satisfactory; each team had its peculiarities, and in the general analysis the greatest interferences were: displacement 36.61%; administrative activities 26.31% and solving problems 17.97%. From the hypothesis test it was proven that there is no statistical difference between the samples. The study was fundamental to describe the dynamics of the day to day work of the maintenance team, being the first step given to this understanding, making possible the elaboration of improvements, which include, besides recommendations for future works in search of continuous improvement.*

Key-words: Maintenance teams. Productivity. Wrench time. Study of times and motions. Mining company.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Organograma de uma fábrica. ....	20
Figura 2: Custos de manutenção no Brasil .....	23
Figura 3: Equipamentos para o estudo de tempos. ....	26
Figura 4: Fluxo etapas do teste de hipótese. ....	28
Figura 5: Fluxograma das etapas para realização da pesquisa. ....	30
Figura 6: Lista de rótulos.....	33
Figura 8: Lista de rótulos.....	34
Figura 9: Formulário de medição - Frente. ....	36
Figura 10: Formulário de medição - Verso.....	37
Figura 11: Processo produtivo Complexos I e II.....	40
Figura 12: Processo Produtivo complexo I.....	41
Figura 13: Processos da Usina 4.....	43
Figura 14: Pátio e Porto. ....	44
Figura 15: Organograma Geral. ....	45
Figura 16: Organograma Gerência de Manutenção Complexo I.....	46
Figura 17: Gráfico dos dias a observar pela margem de erro.....	53
Figura 18: Função "ALEATÓRIO" do Microsoft Excel.....	59
Figura 19: Observador realizando a medição. ....	62
Figura 20: Relação entre as planilhas do banco de dados. ....	68
Figura 21: Indicador Tempo Ferramenta da Manutenção .....	69
Figura 22: Indicador Tempo Ferramenta da Manutenção Corrigido.....	70
Figura 23: Detalhamento Indicador Tempo Ferramenta da Manutenção.....	71
Figura 24: Detalhamento Indicador Tempo Ferramenta da Manutenção Corrigido. ....	71
Figura 25: Margens de Erro TF. ....	72

Figura 26: Margem de erro por observações do estudo de produtividade.....	73
Figura 27: Tempo Ferramenta das Especialidades no Minitab. ....	74
Figura 28: Seleção dos campos para análise no Minitab. ....	75
Figura 29: Especificação da estrutura dos dados.....	76
Figura 30: Selecionar Resposta no Minitab.....	76
Figura 31: Especialidades selecionadas no Minitab. ....	77
Figura 32: Resultado da análise estatística para Especialidades. ....	78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variáveis e Indicadores da Produtividade .....	31
Tabela 2: População do estudo .....	49
Tabela 3: Exemplo dos dados gerados no estudo.....	51
Tabela 4: Percentual de cada população estudada.....	51
Tabela 5: Observações (Dias) .....	53
Tabela 6: Dias de estudo.....	55
Tabela 7: Lista de observações .....	56
Tabela 8: Código Observados.....	57
Tabela 9: Coluna Aleatório.....	59
Tabela 10: Tabela com os dados aleatorizados.....	60
Tabela 11: Cronograma de observações .....	60
Tabela 12: Banco de dados Planilha DIAS.....	64
Tabela 13: Final da Planilha DIAS .....	65
Tabela 14: INTERVALO medição D001-A.....	66
Tabela 15: Planilha Legenda. ....	67
Tabela 16: Valor-p de cada item.....	79

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1	Formulação do Problema .....	10
1.2	Justificativa .....	12
1.3	Objetivos.....	13
1.3.1	Geral .....	13
1.3.2	Específicos .....	13
1.4	Estrutura do Trabalho .....	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
2.1	Manutenção.....	15
2.2	Métodos de Manutenção.....	16
2.3	Planejamento e Controle da Manutenção .....	19
2.4	Produtividade.....	22
2.5	Engenharia de Métodos .....	24
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>29</b>
3.1	Tipo de Pesquisa .....	29
3.2	Materiais e Métodos .....	30
3.3	Variáveis e Indicadores.....	31
3.4	Instrumentos De Coleta De Dados .....	32
3.5	Tabulação dos Dados.....	38
3.6	Considerações Finais do Capítulo .....	38
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
4.1	Características da Empresa .....	39
4.2	Gestão da Manutenção.....	47
4.3	Determinação do método de medição.....	48
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>80</b>
5.1	Conclusão .....	80
5.2	Recomendações .....	81
	<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>82</b>



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Formulação do Problema

O mundo dos negócios a cada dia se torna dinâmico e complexo, pois se encontra em constante aprimoramento com a crescente demanda do mercado por redução de custos e melhores produtos. Neste cenário competitivo e busca constante por lucratividade, as empresas utilizam dos mais variados métodos e análises para o aperfeiçoamento de suas atividades. Por isso, o sucesso e sobrevivência das companhias a longo prazo, depende de um planejamento integrado e eficiente das macroatividades. Segundo Rezende (2015), as seguintes funções organizacionais garantem o funcionamento da empresa, como: produção, serviços, comercial, *marketing*, materiais, logística, financeira, recursos humanos, jurídico-legal e manutenção de equipamentos.

A manutenção de equipamentos é um módulo indispensável que oferece suporte à produção e serviços. A origem da palavra manutenção é do termo em latim *manus tenere* que significa “manter o que se tem”, conforme explica Almeida (2016). Já de acordo com NBR 5462 (1994, p.6), a manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

Segundo Kardec e Nascif (2009), o avanço da manutenção pode ser dividido em cinco gerações, partindo do período anterior à Segunda Guerra Mundial, caracterizado pela simplicidade dos equipamentos, onde não havia foco na produtividade e as intervenções eram realizadas de maneira corretiva. A segunda geração é marcada pelo aumento da mecanização e o surgimento do conceito de manutenção preventiva. Na terceira geração surge a manutenção preditiva como uma opção para o monitoramento das condições dos equipamentos através de tecnologias.

Além disso, a quarta geração é caracterizada pela minimização das manutenções preventivas e preditivas e o aumento da confiabilidade dos equipamentos, análise de falhas, preocupação com segurança, meio ambiente e gerenciamento de ativos. Nesse período houve um importante marco no Brasil: a fundação da Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN), focada no desenvolvimento da manutenção e gestão de ativos. A última geração, indicada por Kardec e Nascif (2009), é datada no início de 2005 e o foco é na gestão de Ativos, onde o intuito é produzir na sua capacidade máxima para obter o melhor retorno.

Também há Manutenção Classe Mundial, que conforme menciona Viana (2016, p.7, apud INGALLS, 2001):

A Manutenção Classe Mundial está fundamentada nas melhores práticas de manutenção e devem ser observadas doze dimensões a serem trabalhadas: Liderança e Política; Estrutura Organizacional; Controle de Inventários; Sistemas Computadorizados de Administração; Manutenção Preventiva; Manutenção Preditiva; Planejamento e Programação; Fluxo de Trabalho; Controle Financeiro; Envolvimento das Pessoas; Recursos Humanos e Treinamento; Melhoria Contínua.

Como forma de estabelecer o Melhoria Contínua, no contexto da administração científica de Taylor e Ford, atuava-se na eficiência da produção (VIANA, 2016). Aproximando tal conceito para os processos de manutenção, a busca pela Melhoria Contínua na manutenção está ligada ao aumento de sua produtividade. Já que Krugman (1994) define produtividade como uma métrica de eficiência de um sistema, definida matematicamente como a razão entre o volume de saídas e o de entradas. Por fim, a produtividade da equipe de manutenção geralmente é considerada como a quantidade de horas trabalhadas para se obter um determinado resultado

Para verificar a produtividade na manutenção, a escolha das ferramentas ou metodologias para aplicá-la deve ser bem estudada. Segundo Barnes (1977) o estudo de tempos e movimentos ou engenharia de métodos objetiva o melhor método de executar uma tarefa.

Nesse cenário, este estudo é direcionado para uma empresa do setor de mineração. Tal empresa é responsável pela produção de pelotas de minério de ferro. Dentre os módulos da função organizacional de produção da empresa, tem-se a Manutenção, onde a mão de obra é o principal recurso para a execução das atividades. Por isso, é necessário que as atividades executadas pela mão de obra sejam realizadas com maior qualidade e produtividade.

Logo, neste trabalho optou-se por realizar o acompanhamento do dia de trabalho dos colaboradores que atuam na manutenção, com o intuito de mensurar o tempo sucedido nas atividades, bem como a criação do indicador tempo ferramenta (*wrench time*), usando o método de *work activity analysis*, que consiste em um registro cronológico, usualmente acompanhado de uma tabulação sumarizada da natureza das atividades realizadas, unidades de trabalho produzidas e o tempo gasto em cada atividade.

Dessa forma a proposta do estudo é medir a produtividade da equipe de manutenção do setor de mineração, bem como estabelecer a melhor metodologia e definir as ferramentas necessárias. Diante desse contexto, tem-se a seguinte questão problema:

**Como medir a produtividade da equipe de manutenção de uma empresa mineradora e implementar o indicador tempo ferramenta?**

## **1.2 Justificativa**

Segundo Xenos (1998), a manutenção possui expressiva importância dentro das empresas, pois sua existência consiste em evitar a degradação dos equipamentos e instalações, causada pelo desgaste natural e pelo uso. Tal degradação se manifesta na aparência externa do ativo, perdas de desempenho, paradas de produção, fabricação de produtos de má qualidade e poluição ambiental. Com isso, mitigar essas manifestações através de uma manutenção correta é fundamental para a sobrevivência das empresas.

A manutenção é responsável direta pela disponibilidade dos ativos e tem importância capital nos resultados da empresa (VIANA, 2016). Xenos (1998) também afirma que a manutenção tem uma forte relação com os setores produtivos, influenciando principalmente a qualidade e a produtividade. Robles (2011) deixa claro que a produtividade é um indicador comum nas estratégias empresariais e, geralmente é medida pela relação entre o resultado e o esforço aplicado para obtê-lo. Amorim (2003) observa que os conceitos de produtividade podem ser adaptados a qualquer nível organizacional das empresas.

Desta forma, para aplicação da produtividade deve-se considerar a manutenção como um sistema, definem-se as saídas como sendo os serviços prestados, enquanto as entradas serão os recursos utilizados na sua execução (materiais, serviços, ferramentas e equipamentos) (ROBLES, 2011).

Para medir a produtividade da equipe de manutenção é necessário avaliar qual método será aplicado. Barnes (1977) comenta que o estudo de tempos não tem apenas a finalidade de estabelecer a melhor forma de trabalho, mas também procura encontrar um padrão de referência que servirá para determinar a capacidade produtiva de uma empresa, elaborar programas de manutenção e o balanceamento das atividades. Na medição do tempo duas técnicas têm se destacado: a medição contínua, em que a atividade é controlada todo o tempo todo e a medição por amostra, que utiliza apenas parte do universo do evento para fazer a



análise geral da atividade (ROBLES 2011). Por isso a importância de realizar o estudo do melhor método a ser aplicado, através da engenharia de métodos e estudo dos tempos.

Diante disso, na empresa mineradora em análise, a aplicação do indicador Tempo Ferramenta a partir do estudo de tempos e movimentos tem como objetivo o aumento de produtividade. A partir do indicador, será possível identificar e consequentemente aumentar a produtividade devido à eliminação de perdas de tempo, e não pelo aumento da capacidade de trabalho. Logo, torna-se evidente que o tempo ferramenta é um indicador útil. Por isso, esse estudo buscará utilizar a base teórica para verificar o método de medição e a construção do indicador, além de detalhar a forma de tratar e analisar os dados.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Geral**

Medir a produtividade da equipe de manutenção de uma empresa mineradora para implementar o indicador tempo ferramenta.

#### **1.3.2 Específicos**

- Realizar um estudo teórico sobre: Manutenção, Métodos de Manutenção, Planejamento e Controle da Manutenção, Engenharia de Métodos e Produtividade;
- Elaborar um procedimento metodológico para implementar o estudo;
- Comparar os dados obtidos com a base teórica para medir a produtividade da equipe de manutenção e implementar o indicador tempo ferramenta.

### **1.4 Estrutura do Trabalho**

O trabalho está dividido em cinco capítulos, onde no primeiro capítulo é apresentado a formulação do problema, a justificativa para a realização do trabalho e seus objetivos geral e específicos.

O segundo capítulo trata da fundamentação teórica dos conceitos que embasa a parte teórica para a realização do trabalho, tratando dos seguintes temas: manutenção, métodos da manutenção, planejamento e controle da manutenção, engenharia de métodos e produtividade.

O terceiro capítulo detalha a metodologia adotada na pesquisa, bem como as ferramentas utilizadas para as análises dos dados coletados.

O quarto capítulo apresenta os resultados que foram encontrados a partir da coleta de dados e criação do indicador tempo ferramenta.

Já o quinto capítulo é encerrado o trabalho, apresentado as conclusões, considerações finais e recomendações para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Manutenção

Conforme Almeida (2015) pontua, desde os primórdios, é observada a preocupação do homem em fabricar utensílios para facilitar as atividades de seu cotidiano e até realizar construções. À medida que houve um avanço na fabricação de tais utensílios e construções, surgiu também a necessidade de conservação, reparos e substituições. Nesse contexto, mesmo que de maneira rudimentar ou primitiva, o homem sempre praticou a manutenção.

De acordo com Monchy (1987, p.3), “o termo manutenção tem sua origem no vocábulo militar, cujo sentido era manter nas unidades de combate o efetivo e o material num nível constante de aceitação”. Ainda segundo o autor, o mais comum é definir a manutenção como o conjunto de atividades e recursos aplicados aos sistemas e equipamentos, com o objetivo de garantir a continuidade de sua função dentro de parâmetros de disponibilidade, de qualidade, de prazo, de custos e de vida útil adequados.

Para Gregório e Silveira (2018, p.13), a “manutenção industrial teve seu surgimento no século XVI, quando a produção industrial começou a crescer, de modo que manter as máquinas em pleno funcionamento era de grande importância”. As autoras ainda deixam claro que com a Segunda Guerra Mundial, diante do aumento da complexidade dos equipamentos, dos avanços tecnológicos, das exigências do mercado por produtos sem defeitos, das alterações nos sistemas de produção, dentre outros fatores. Ocorreu um aumento da necessidade de desenvolver técnicas de planejamento, organização e controle das manutenções na indústria.

Logo, percebe-se a importância da função manutenção no cotidiano das organizações, por isso sua compreensão é primordial para que seja executada com qualidade. No contexto industrial, de acordo com Viana (2016, p.22), “a manutenção compreende o conjunto de atividades voltadas a manter em perfeito estado produtivo os bens de produção”.

Almeida (2015, p.16) pontua sobre a Associação Francesa de Normalização: “no item NF 60-010, manutenção é o conjunto de ações que permitem restabelecer um bem para seu estado específico ou medidas para garantir um serviço determinado”. Tal definição está bem alinhada com o conceito estabelecido pela NBR 5462/1994. Logo, de acordo com tais órgãos normalizadores e com o que o Almeida (2015) apresenta, a manutenção pode ser definida

como o conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários ao bom funcionamento e ao reparo de máquinas, equipamentos e instalações.

Percebe-se então, que manutenção é definida de diferentes maneiras por muitos órgãos certificadores e normalizadores. Entretanto, todos enfatizam a preocupação com o bom funcionamento das máquinas e equipamentos, principalmente no sistema produtivo no qual o cumprimento de prazos, a segurança no trabalho e os cuidados com o meio ambiente são fundamentais para manter a empresa em um mercado cada vez mais competitivo.

Segundo Gregório e Silveira (2018, p.14), quando a manutenção é realizada de forma planejada, os benefícios de sua realização são: segurança, menos risco de falhas e acidentes de trabalho; qualidade, desempenho dentro ou acima do padrão; confiabilidade, menos interrupções nas atividades de produção e aumento da vida útil dos ativos.

Como destaca Viana (2015), a função manutenção complementa a função operação e as duas formam a função produção, o que possui relevante peso na definição da estratégia empresarial. Xenos (1998) afirma que a manutenção tem uma forte relação com setores produtivos, influenciando principalmente a qualidade e produtividade. Assim, ela desempenha um papel estratégico fundamental na melhoria dos resultados operacionais e financeiros dos negócios.

A partir disso, surgem diferentes nomenclaturas atreladas à manutenção, que correspondem as formas como são encaminhadas as intervenções nos ativos. Para Gregório e Silveira (2018), existem os seguintes tipos de manutenção: manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva e manutenção detectiva. Já Almeida (2015) aborda a existência de cinco tipos de manutenção: corretiva; preventiva; preditiva; manutenção produtiva total (*Total Productive Maintenance – TPM*); manutenção centrada na confiabilidade (MCC). A partir disso, será abordado os três tipos que se interseccionam entre os principais autores.

## **2.2 Métodos de Manutenção**

No ramo da mineração, a manutenção deve ser considerada no projeto estabelecido, principalmente para se evitar perdas e ineficiência no processo. Com isso, é necessário realizar procedimentos de manutenção para evitar a perda de disponibilidade física dos equipamentos. Como aponta Xenos (2008), os métodos de manutenção são: Manutenção

Corretiva, Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva. Partindo disso, será abordado tais métodos.

Para Almeida (2015), a manutenção corretiva consiste em um conjunto de procedimentos que são executados com a finalidade de atender de forma imediata a produção, a máquina ou o equipamento que parou de exercer suas funções. Por isso, cabe à equipe de manutenção agir imediatamente para restabelecer seu funcionamento o mais rápido possível.

Conforme pode ser lido na NBR 5462 (1994, p.7), a manutenção corretiva consiste na “manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”. Semelhante ao conceito que Viana (2020, p. 38) aponta: “a Manutenção Corretiva consiste em tarefas mantenedoras realizadas após a ocorrência de uma falha, destinada a colocar um item em condições de executar suas funções requeridas”.

A manutenção corretiva planejada consiste na correção de desempenho menor que o esperado ou correção da falha por decisão gerencial. Neste caso, o equipamento é monitorado e são tomadas medidas de planejamento para minimizar os prejuízos quando a falha vier a ocorrer. Em síntese, a manutenção corretiva planejada é o acompanhamento de um equipamento com a finalidade de corrigir um erro que virá a aparecer (KARDEC e NASCIF, 2009).

Enquanto manutenção corretiva não planejada tem como objetivo corrigir ou restaurar as condições de funcionamento de um sistema que apresenta falha ou queda de rendimento. Caracteriza-se pela atuação em fato já ocorrido não havendo tempo para preparação do serviço. Este tipo de manutenção na maioria dos casos implica em altos custos, pois a quebra de um equipamento pode acarretar perdas de produção, qualidade e elevados custos indiretos de manutenção (KARDEC e NASCIF, 2009). Por isso, Xenos (1998) pontua que mesmo a manutenção corretiva ser mais barata que métodos preventivos, não se pode conformar com a ocorrência de falhas inesperadas.

Seguindo para o método de manutenção preventiva, para Xenos (1998), a manutenção preventiva, feita periodicamente, deve ser a atividade principal de manutenção em qualquer empresa. Ela envolve algumas tarefas sistemáticas, tais como as inspeções, reformas e principalmente trocas de peças. Apesar de ter um custo superior quando comparado a manutenção corretiva, a frequência da ocorrência das falhas diminui, a disponibilidade dos equipamentos aumenta e diminuem as interrupções inesperadas da produção.

Já na NBR 5462 (1994, p.7) é exposto a definição de manutenção preventiva sendo a “manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”.

Conforme Nepomuceno (1989) descreve, a manutenção preventiva pode ser entendida como a busca em realizar paradas planejadas do equipamento onde são realizadas intervenções com o intuito evitar a ocorrência de falhas ou queda de rendimento. Logo, seu principal objetivo é evitar que paradas indesejadas da produção aconteçam. Para isso, é necessária uma equipe permanente de manutenção (GREGORIO e SILVEIRA, 2018).

Para a implementação da manutenção preventiva, Almeida (2015) deixa claro a necessidade de realizar um estudo dos registros de manutenção corretiva e da vida útil das peças e para ter uma previsão baseada na realidade das organizações. Esse estudo permite também diagnosticar defeitos que causam a diminuição da vida útil das peças, mas fica omitido por sintomas (efeitos) em outras partes do equipamento.

Como vantagens da manutenção preventiva Kardec e Nascif (2009) destacam: aumento da vida útil dos equipamentos; redução de custo a curto prazo; menos interrupções no fluxo produtivo; melhora na qualidade dos produtos; conhecimento prévio das ações a serem tomadas e previsibilidade de consumo de materiais.

Segundo Viana (2002, p.10) é possível classificar a manutenção preventiva como “serviços efetuados em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinados a reduzir a probabilidade de falha”, proporcionando dessa forma, o correto andamento das atividades produtivas.

Por fim, o próximo método de manutenção é a preditiva. Viana (2002, p.11) afirma: “manutenção preditiva são tarefas que visam acompanhar a máquinas ou peças, por monitoramento, por medições o por controle estatístico e tentam prever a proximidade da ocorrência da falha”, desta forma evita-se a desmontagem do equipamento para inspeção e utiliza o equipamento até o máximo de sua vida útil.

De acordo com a NBR 5462 (1994, p.7), manutenção preditiva é:

Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

Dessa forma, o componente terá o aumento de sua vida útil, além de não haver perda de tempo de produção. Porém, a manutenção preditiva eleva os custos do setor de manutenção, pelo fato de utilizar ferramentas sofisticadas e que requerem constante

atualização. Mas como vantagens, obtidas a partir da aplicação de forma sistemática técnicas de análise e do monitoramento dos ativos, é possível destacar destacado: redução do número de falhas em equipamentos; redução do tempo de parada; aumento da produtividade; aumento da segurança; aumento da vida útil dos equipamentos; redução de custos (GREGORIO e SILVEIRA, 2018).

Xenos (1998) explica que a manutenção preditiva é um dos elementos da manutenção preventiva. Na prática, as tarefas da manutenção preditiva fazem parte do planejamento da manutenção preventiva. Xenos (1998, p. 25) afirma que “a manutenção preditiva é mais uma maneira de inspecionar os equipamentos”. Ainda fica claro que a melhor manutenção será a combinação mais adequada dos vários métodos. Essa combinação é resultante da análise da criticidade do ativo, análise de viabilidade econômica e eficiência de cada aplicação. Por isso, deve-se sempre relacionar o método adotado e os efeitos das possíveis falhas do equipamento ou componentes em termos de produtividade, qualidade e segurança.

### **2.3 Planejamento e Controle da Manutenção**

Com a competitividade cada vez maior do mercado, a manutenção começou a tomar uma posição estratégica nas empresas, se tornando vital para o processo produtivo, pois esperar que o equipamento falhe de forma aleatória para poder atuar corretivamente gera muitos gastos, além de sua imprevisibilidade poder causar prejuízos incalculáveis na produção.

Segundo Viana (2016, apud, Souza 2008, p.22), o estudo do tema Planejamento e Controle da Manutenção no Brasil é essencial para suprir a exigência do aumento da competitividade atrelado à condição de sobrevivência das empresas. Além disso, a implementação do PCM, permite aos gestores ter alternativas de fornecedores e serviços de manutenção que não se restringe aos fabricantes dos equipamentos.

De acordo com Pinto e Xavier (2009), anteriormente a gestão da manutenção era entendida apenas como planejamento dos recursos adequados a carga de trabalho esperada. Hoje, devido ao grande aumento da competitividade, a manutenção tem assumido um papel cada vez mais estratégico.

Já por Kardec e Nascif (2001), o mercado atual tem uma postura perante a manutenção de não mais se contratar “serviços”, mas sim “soluções”. Este pensamento é perceptível, pois a visão da manutenção é a de que ela existe para não se ter mais manutenção, isso pode

parecer paradoxal, mas evitar que o equipamento falhe é por muitas vezes mais lucrativo que esperar para realizar uma manutenção corretiva, e para que isso seja possível o pessoal da área deve se qualificar cada vez mais e utilizar de recursos que proporcionem uma análise adequada sobre o procedimento.

Segundo Souza (2008), a filosofia do planejamento e controle da manutenção começou a ser utilizada no Brasil a partir da década de 90. Antes disso, a produção era relacionada apenas com a operação ou com o processo produtivo. Atualmente, a manutenção e operação são vistas como possuindo o mesmo nível hierárquico em uma organização, atuando juntas para compor a produção.

Assim a manutenção deve ter um nível de gerência da mesma forma como encontrada na operação. O Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) é o setor que fornece o suporte para a sua execução. Em outras palavras, o PCM define estratégias de manutenção a serem seguidas pelo setor, a fim de otimizar os processos (OLIVEIRA, 2014). A Figura 1 demonstra o organograma típico de uma fábrica evidenciando a ligação que o PCM tem com a gestão da manutenção.

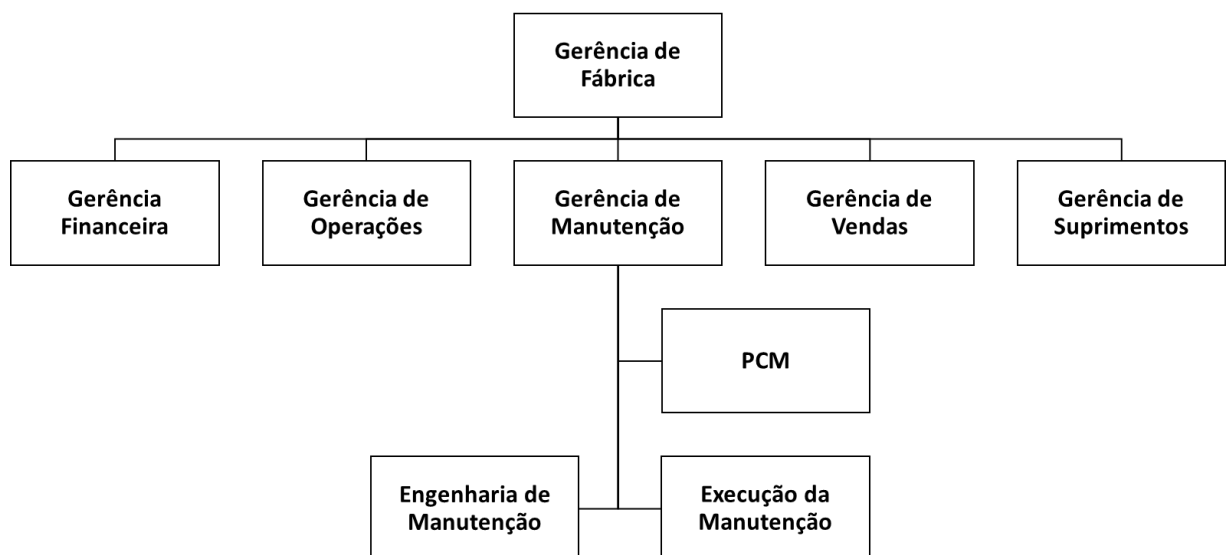


Figura 1: Organograma de uma fábrica.  
Fonte: Viana (2002).

Essa ramificação do PCM, mostrada na Figura 1, é um fator decisivo para a competitividade das indústrias no mercado, tendo em vista que com uma divisão do setor, alocando pessoas para dedicar esforços, com funções específicas para um mesmo objetivo,



tende a se ter maior eficácia nas ações. Ainda segundo Viana (2002), a tendência no mercado é de que a Manutenção ocupe um nível de gerência departamental, da mesma forma que a operação. O PCM é um órgão que dá suporte à manutenção, sendo ligado diretamente à gerência de departamento.

Partindo da clara interpretação que se obtém de Deming (1986), em que não se gerencia o que não se mede, é possível fazer a ligação dos indicadores da manutenção com o PCM. Afinal, torna-se possível medir o desempenho e efetividade das diversas atividades realizadas no ambiente de trabalho. Esses indicadores são conhecidos como “Indicador-chave de Desempenho” ou pela tradução para o inglês *Key Performance Indicator* (KPI).

Para Robles (2013, p.4):

Indicador é definido como parâmetro numérico que facilita a informação sobre um fator da organização, sendo que seu controle é importante para regular as ações de um grupo, departamento ou empresa. Para tanto, os indicadores devem ser poucos, claros, calculáveis e úteis para o rápido entendimento da situação de um processo e da razão para os resultados alcançados.

Dentre os principais indicadores da manutenção, segundo Pinto e Xavier (2001) tem-se:

- *Medium Time Between Failures* (MTBF) - Tempo Médio entre Falhas: Relação entre a multiplicação do número de itens por seu tempo de operação e o número total de falhas detectadas nesses itens no período observado;
- *Medium Time to Repair* (TMPR) - Tempo Médio para Reparo: Relação entre o tempo total de intervenção corretiva em um conjunto de itens com falhas e seu número total de falhas em um período observado;
- Disponibilidade de Física (DF): Relação entre a diferença do número de horas do período considerado (horas calendário) com o número de horas de intervenção para manutenção para cada item observado e o número total de horas do período considerado;
- Backlog: Relação entre o montante de serviços de manutenção planejado a ser realizado num determinado momento (medido em dias ou homemhora), representando o tempo que a equipe de manutenção deve trabalhar para concluir todos os serviços pendentes, supondo que não cheguem novos pedidos durante a execução destes serviços (VIANA, 2002).

No estudo, será abordado o indicador *Wrench Time* (Tempo Ferramenta) da manutenção. Cujo objetivo é obter o tempo produtivo, em percentual, das equipes de manutenção. A partir da equação 1:

$$TF = \frac{\text{Tempo produtivo}}{\text{Tempo Total de Trabalho}} \quad (1)$$

Smith (2012) conceitua *wrench time* como o tempo em que o operador de manutenção está realizando atividades que agregam valor ao trabalho. Nesse estudo, o foco da análise é identificar as atividades que não agregam valor para que as mesmas sejam eliminadas ou minimizadas. A empresa estudada não possui metas sobre o resultado do indicador. O objetivo é mensurar a produtividade e as improdutividades a partir do indicador, pois são dados desconhecidos pela empresa.

Como a produtividade da mão de obra está ligada ao indicador Tempo Ferramenta, percebe-se a necessidade de conceituar produtividade.

## 2.4 Produtividade

Produtividade é por vezes um dos termos mais citados no setor industrial porque medidas de cobrança em produção, utilizadas das mais diversas formas de diferentes formas razões diferentes. A alta produtividade garante a competitividade, e uma organização competitiva é a mais produtiva de todas as suas concorrentes, o que é a melhor garantia de sobrevivência (XENOS, 1998).

Segundo o Dicionário Aurélio (2005, p. 656), entre as definições de 26 “produtividade”, tem-se que é a “relação entre a quantidade ou valor produzido e a quantidade ou valor dos insumos aplicados à produção”, de forma semelhante para Xenos (1998), “a produtividade de uma organização pode ser medida como a relação entre *input* e *output*”, deixando claro que capacidade da organização de agregar valor.

A saída do processo de manutenção não deve ser confundida com os serviços executados ou com o tempo gasto. Pois, sua saída, na verdade, é o resultado da não destruição do equipamento, do seu perfeito funcionamento, da melhoria do desempenho, da redução de custo, ou seja, como a manutenção pode ajudar a melhorar a produtividade da empresa e se manter competitiva (XAVIER, 2001).

Atuar na redução dos custos da manutenção é uma estratégia de aumentar a produtividade, os detalhamentos dos custos da manutenção estão apontados na fura 2.

Ano	Composição dos Custos de Manutenção (%)			
	Pessoal	Material	Serviços Contratados	Outros
2011	31,13	33,35	27,03	8,48
2009	31,09	33,43	27,27	8,21
2007	32,35	30,52	27,20	9,93
2005	32,53	33,13	24,84	9,50
2003	33,97	31,86	25,31	8,86
2001	34,41	29,36	26,57	9,66
1999	36,07	31,44	23,68	8,81
1997	38,13	31,10	20,28	10,49
1995	35,46	33,92	21,57	9,05
<b>Média</b>	<b>33,90</b>	<b>32,01</b>	<b>24,86</b>	<b>9,22</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>2,38</b>	<b>1,55</b>	<b>2,56</b>	<b>0,73</b>

Figura 2: Custos de manutenção no Brasil  
Fonte: ABRAMAN (2013).

Conforme a figura 2, de acordo com ABRAMAN (2013), aproximadamente 33,9% dos custos de manutenção, são destinados à mão de obra. Logo, qualquer melhoria na produtividade mão de obra da manutenção, irá permitir alcançar resultados expressivos. Nesse contexto, muitas ferramentas surgem com o intuito de avaliar a produtividade da mão de obra de uma equipe. Uma dessas ferramentas é chamada de Fator de Produtividade ou *Wrench Time*. Segundo Palmer (2006), o percentual médio de *wrench time* é de apenas 25 a 35%. Contudo o planejamento de manutenção pode aumentar o *wrench time* para 50 a 55%, tal valor representa um nível de desempenho de classe mundial.

Para o cálculo do Indicador Tempo Ferramenta, é necessário conhecer o Tempo Produtivo. De acordo com Smith (2012), tempo produtivo é o percentual de tempo que o operador de manutenção está realizando atividades que agregam valor ao trabalho em relação ao tempo total que ele passa no local de trabalho. Ou seja, é o tempo que o mantenedor passa executando tarefas para o qual ele foi contratado. Ainda segundo o autor, o *wrench time* não contabiliza tempos improdutivo como, deslocamento até o posto de trabalho, obtenção de ferramentas, tempo de DDS e liberação do equipamento por parte da operação.

Estudo relacionado ao fator de produtividade tem como etapas comuns; estabelecer o escopo do estudo, selecionar quais categorias serão analisadas, coletar dados através de ferramentas, analisar os resultados verificando onde existe oportunidades de melhorias e propor estratégias para minimizar ou eliminar tempos improdutivos (SMITH, 2012).

Por fim, percebe-se que para medir a produtividade da mão de obra da equipe de manutenção, a partir do indicador Tempo Ferramenta, é necessário conhecer o tempo gasto em atividades produtivas e improdutivas. A forma como será empregada a metodologia e classificação do estudo terá como base a Engenharia de Métodos.

## **2.5 Engenharia de Métodos**

Segundo Souto (2002), a Engenharia de Métodos estuda e analisa o trabalho de forma sistemática, objetivando desenvolver métodos práticos e eficientes buscando a padronização do processo. Dentre as ferramentas utilizadas, o projeto de métodos se destina a encontrar a melhor forma para execução de tarefas, a partir do registro e análise de determinado trabalho, busca-se idealizar e aplicar métodos mais cômodos que conduzam maior produtividade.

A engenharia de métodos surgiu como a junção dos trabalhos de Frederick Winslow Taylor, com o estudo de tempos, que foi usado principalmente na determinação de tempos-padrão e Frank Bunker Gilberth, que desenvolveu o estudo de movimentos que foi empregado na melhoria dos métodos de trabalho (BARNES, 1977).

De acordo com Barnes (1977), Gilbreth deu início às suas investigações com o intuito de ser encontrado o melhor método de se executar determinada tarefa. A partir dos gráficos de fluxo do processo, aos estudos de movimentos e de micro movimentos. Em 1881, Frederick W. Taylor deu início aos seus estudos de tempos, percebendo ineficiências nos processos produtivos, decorrentes da falta de produtividade e de estratégias adequadas para melhoria das operações, que, segundo Barnes (1977), este estudo de tempos e movimentos se destina a um estudo sistemático dos sistemas decorrentes de diversos trabalhos.

De acordo com Tálamo (2016), inicialmente, os dois trabalhos eram empregados separadamente, somente após 1930 os dois estudos foram combinados, surgindo o conceito de Estudo de Tempos e Movimentos. Ainda segundo o autor, o objetivo foi desenvolver melhores métodos de trabalho, fornecendo subsídios necessários à definição de custos de produtos e de processos, ao desenvolvimento do planejamento empresarial e ao dimensionamento de recursos operacionais.

Tálamo (2016) deixa claro que a aplicação dos conceitos de tempos e movimentos ocorre em quatro etapas:

1. Pesquisa e definição do melhor método de trabalho;
2. Padronização do melhor método encontrado;
3. Determinação do tempo padrão de trabalho encontrado;
4. Treinamento dos colaboradores.

Conforme Milhomem et al., (2015) o principal objetivo deste estudo visa a estimativa da mão de obra, promovendo a aquisição de informações úteis no planejamento de produção da fábrica, medindo e analisando o desempenho do funcionário, de forma que os recursos disponíveis sejam utilizados com maior aplicabilidade e serventia.

Conforme Barnes (1977, p.16) deixa claro:

O estudo de tempos é usado para se medir o trabalho. O resultado do estudo de tempos é o tempo, em minutos, que uma pessoa adaptada ao trabalho e completamente treinada no método específico levará para executar a tarefa trabalhando um ritmo considerado normal.

Ainda segundo Barnes (1977), apesar de o estudo de tempos tenha sua maior aplicação na definição dos tempos-padrão das atividades, o estudo de tempos é hoje usado com diversas finalidades. Para Silva (2007), o tempo padrão estabelece um tempo de produção, que é utilizado pelo analista para definição dos parâmetros relacionados com a produtividade e posteriormente com a qualidade. Nesse trabalho, o objetivo será a criação do indicador Tempo Ferramenta da Manutenção para mensurar a produtividade e verificar as causas das improdutividades e não estabelecer o tempo padrão das atividades.

Os equipamentos utilizados para estudo de tempos consistem em um aparelho medidor do tempo, seja um cronômetro, máquina de filmar ou máquina para registro de tempos e de equipamentos auxiliares, como uma prancheta para observações (BARNES, 1977). Tais equipamentos estão ilustrados na figura 3.

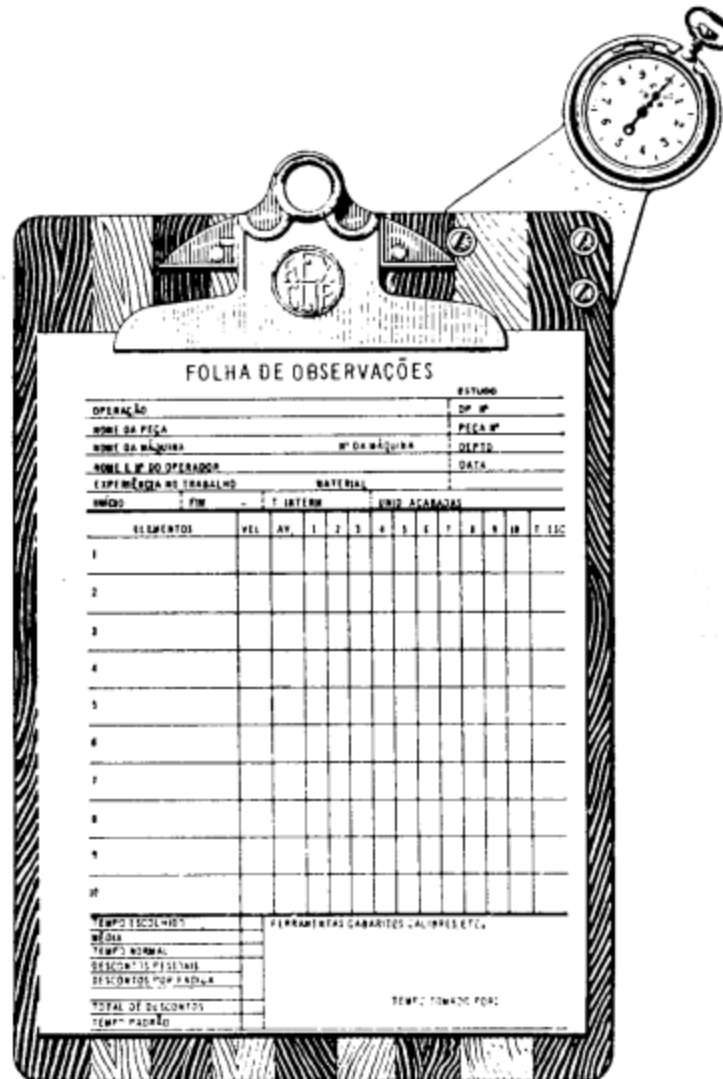


Figura 3: Equipamentos para o estudo de tempos.  
 Fonte: Barnes (p.277, 1977).

De acordo com a figura 3, deve ser elaborado a folha de observações e ter em posse um cronômetro para contabilizar o tempo. Segundo Barnes (1977, p. 279), “todas as informações que devem ser incluídas no cabeçalho da folha de observações têm de ser cuidadosamente registradas. Isso é importante, pois um estudo de tempos incompleto não tem valor prático algum”.

Para criação do indicador, é necessário realizar o estudo de tempo com as equipes de manutenção. Será realizada uma amostragem dessas equipes. De acordo com Walpole (2019), a importância de uma amostragem apropriada gira em torno do grau de confiança com o qual será permitido responder às questões apresentadas, garantindo que os dados não estejam nem super nem sub-representados. Conforme afirma Hupp (2021), o número de dias observados por grupo analisado geralmente é maior que 30, então é possível aplicar a distribuição Z:

$$n = \left( \frac{\sigma Z_{\alpha/2}}{E} \right)^2 \quad (2)$$

Sendo,

- n: o número de dias a observar (amostra);
- $\sigma$ : o desvio padrão do tempo ferramenta na população;
- a: o nível de confiança desejado;
- Z: o valor da distribuição normal padronizada para o nível de confiança desejado;
- E: a margem de erro desejada, em pontos percentuais de tempo ferramenta.

A margem de erro, corresponde ao índice que determina a estimativa máxima de erro dos resultados de uma pesquisa (WALPOLE, 2019). A partir dela será definido o número de observações a serem realizadas.

Também será necessário validar os resultados das medições, a partir do teste de hipótese da variância entre as amostras. Walpole (2019, p.205) define, “uma hipótese estatística é uma afirmação ou conjectura sobre uma ou mais população”. Já Larson (2004, p.246) conceitua, “teste de hipótese é um procedimento que usa estatística amostral para testar uma alegação sobre o valor de um parâmetro populacional”. É o caso deste trabalho.

A estrutura do teste de hipótese será formulada com o uso do termo: hipótese nula. Hipótese nula se refere a qualquer hipótese que desejamos testar, sua denotação é  $H_0$ . A rejeição de  $H_0$  leva à aceitação de uma hipótese alternativa, cuja denotação é  $H_1$ . A hipótese nula ( $H_0$ ) se opõe à hipótese alternativa ( $H_1$ ) (WALPOLE, 2019).

A figura 4 apresenta o fluxo das etapas do teste de hipótese.

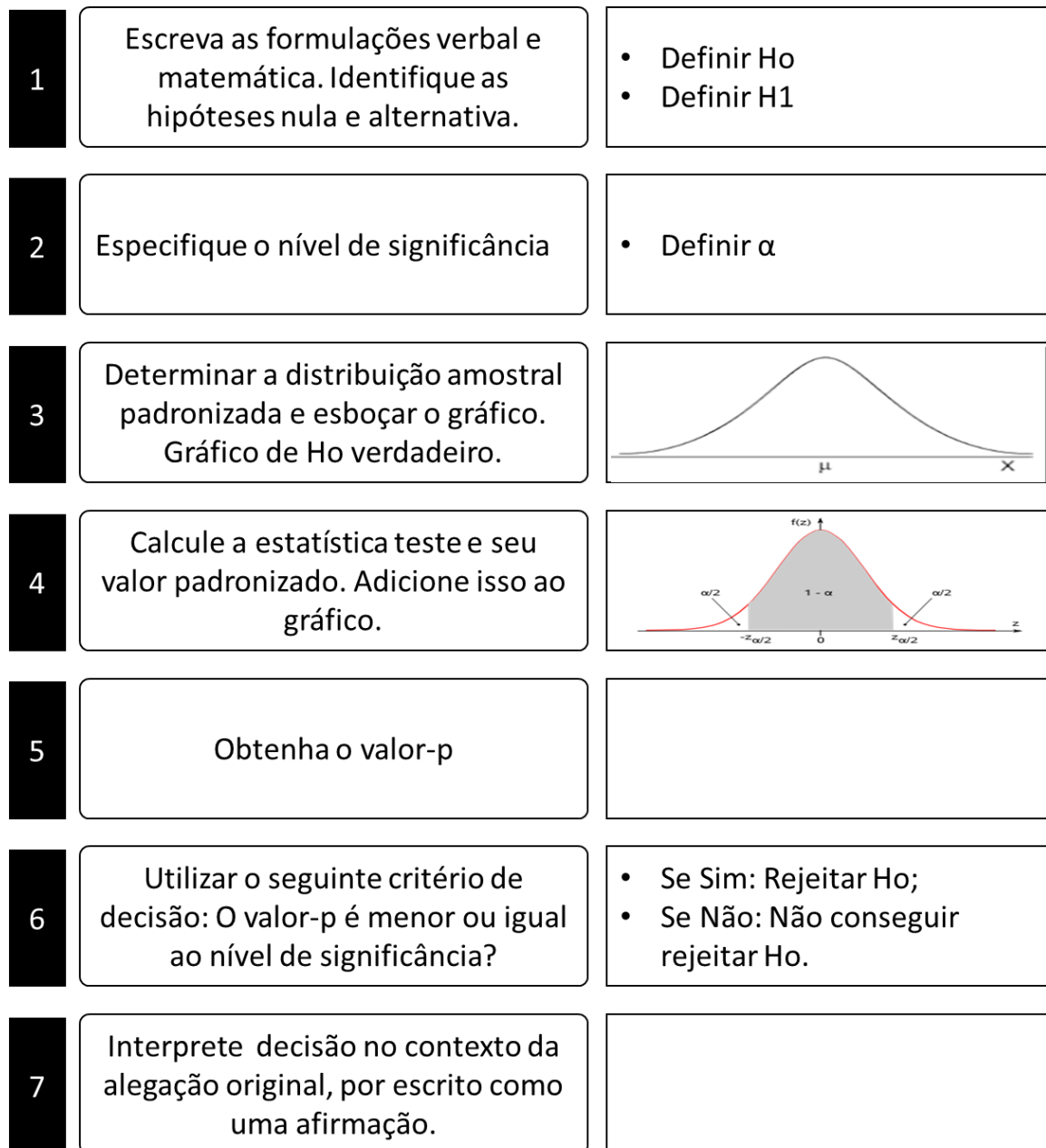


Figura 4: Fluxo etapas do teste de hipótese.

Fonte: Adaptado Larson (2004).

As etapas mencionadas na figura 4, descrevem os procedimentos para aplicação do teste de hipótese. Os gráficos apresentam um teste monocaudal direto, mas as mesmas etapas servem também para testes monocaudal esquerdo e bicaudal (LARSON, 2004).

Nesse contexto, fica claro que o estudo de tempos e movimentos será a base para criar o indicador Tempo Ferramenta, já que a metodologia apresentada trará o melhor resultado no dimensionamento dos tempos produtivos e improdutivos das equipes de manutenção. Sendo necessário realizar a validação dos resultados através de cálculos estatísticos.



### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Tipo de Pesquisa

De acordo com Gil (2018, p.1):

Pode-se definir pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo fornecer respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema, ou então quando a informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema.

Segundo Assis (2018), a metodologia consiste na explicação de forma minuciosa, detalhada, rigorosa e exata de toda a pesquisa desenvolvida e de tudo aquilo que se utilizou no trabalho. Deste modo este capítulo visa expor a metodologia utilizada na elaboração desta pesquisa. Ainda de acordo com o autor, a pesquisa pode ser dividida em dois métodos importantes da investigação científica segundo sua natureza, sendo o método qualitativo e o método quantitativo

Diante disso, no presente trabalho foi realizada uma pesquisa qualitativa, onde são estudados casos práticos que demonstram a aplicação da rotina de manutenção possibilitando a criação do indicado Tempo Ferramenta (*wrench time*), que exhibe a produtividade das equipes de manutenção de uma empresa mineradora após a medição do tempo de execução das atividades produtivas e improdutivas ao longo da jornada de trabalho.

De acordo com seus objetivos, o trabalho é classificado como exploratório pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema, buscando torná-lo mais explícito. Segundo Gil (2018), estas pesquisas têm como objetivo principal aperfeiçoar ideias ou descobertas de intuições através de um planejamento flexível que, na maioria das vezes, assume forma de pesquisa bibliográfica ou estudo de caso.

Lakatos e Marconi (2021) afirmam que a pesquisa exploratória tem como objetivo registrar fatos, analisá-los, interpretá-los e identificar suas causas. Com isso, é possível definir leis mais amplas, estruturar e determinar modelos teóricos, ampliar generalizações, relacionar hipóteses em uma visão mais unitária do universo ou âmbito produtivo em geral e gerar hipóteses ou ideias por força de dedução lógica.

Em relação aos procedimentos técnicos, esta pesquisa pode ser definida como bibliográfica, isso porque, segundo Gil (2008), ela é desenvolvida com base em material já elaborado, constituídos de livros e documentos de manutenção. Para Lakatos e Marconi (2021) pesquisa bibliográfica abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo e sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto. De forma que, ela é realizada a partir de um estudo de caso e gerar hipótese para soluções de problemas e melhorias.

Por fim, o estudo de caso é definido segundo Stake *apud* Creswell (2007, p.32), onde:

O pesquisador explora em profundidade um programa, um fato, uma atividade, um processo ou uma ou mais pessoas. Os casos são agrupados por tempo e atividade, e os pesquisadores coletam informações detalhadas usando uma variedade de procedimentos de coleta de dados durante um período de tempo prolongado.

Com isso, define-se também a pesquisa como bibliográfica e como estudo de caso, pois, inicialmente, é feito um levantamento das referências teóricas sobre manutenção, métodos de manutenção, planejamento e controle da manutenção, engenharia de métodos e produtividade. Posteriormente, é feito um estudo de caso para obter os resultados da pergunta problema do trabalho.

### 3.2 Materiais e Métodos

Para a criação do indicador de tempo ferramenta, tabulação dos dados e análise dos principais motivos das improdutividades e posteriormente a sugestão de melhorias nas atividades de manutenção, a figura 5 mostra o fluxograma de desenvolvimento deste trabalho.

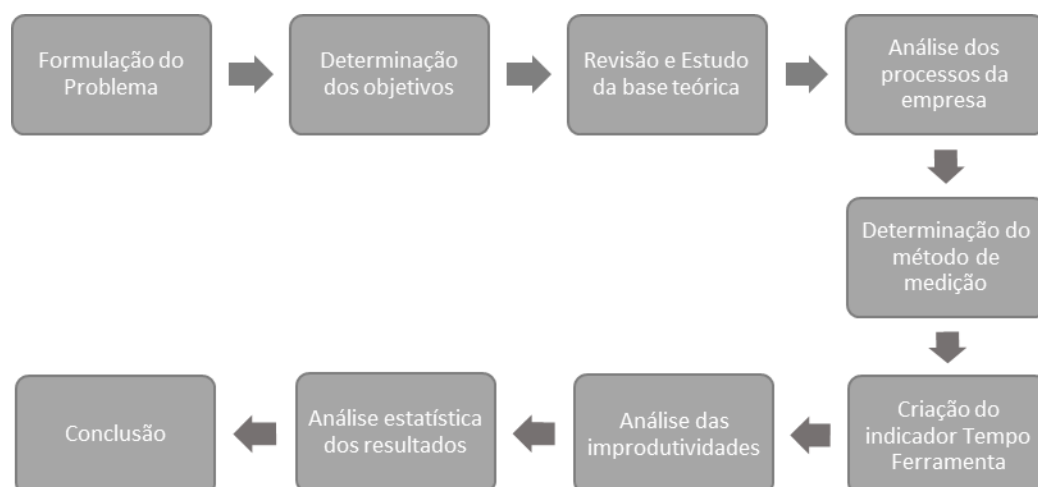


Figura 5: Fluxograma das etapas para realização da pesquisa.  
Fonte: Pesquisa direta (2022).

De acordo com a figura 5, a primeira etapa do estudo se deu pela identificação de um problema: “Como medir a produtividade da equipe de manutenção de uma empresa mineradora e implementar o indicador tempo ferramenta?”. Seguida da determinação dos objetivos do mesmo. Para a resolução do problema, foi feita uma revisão bibliográfica com finalidade de entender o contexto teórico e proceder para que o problema em questão seja resolvido. Em seguida foi realizada a análise dos processos da empresa para verificar o contexto da manutenção dentro da mineradora.

Após compreender o local de aplicação do estudo, foi estruturado a método de medição com o detalhamento da coleta dos dados e criação do banco de dados. A partir do banco de dados é criado o indicador Tempo Ferramenta, o indicador apresenta o resultado em percentual da produtividade e os principais pontos de improdutividade. É necessário analisar cada resultado para mensurar a produtividade e improdutividade. Da mesma forma, é indispensável analisar estatisticamente os resultados para validar as informações e garantir a confiabilidade dos dados.

Por fim, é apresentada as principais conclusões que se obteve no estudo. Para que as etapas expostas possam ser realizadas foram necessários os *softwares*, como o Excel, o Power BI e Minitab. Com esses *softwares* foi possível criar um banco de informações e comparar os dados obtidos.

### 3.3 Variáveis e Indicadores

Como afirma Lakatos e Marconi (2021), toda hipótese é o enunciado geral de relações entre, pelo menos, duas variáveis. Ainda segundo os autores, a variável é um conceito que contém ou apresenta valores, tais como: quantidades, qualidades, características, magnitudes, traços etc.

Os indicadores são necessários para se operacionalizar os conceitos ou variáveis, possibilitando a identificação de maneira prática a mensuração, ou medição de valor das questões implícitas das variáveis. Para cada variável é necessário selecionar o indicador mais adequado e possíveis de medições pelos meios que disponíveis (GIL, 2008). As variáveis e indicadores do estudo estão descritas na tabela 1.

Tabela 1: Variáveis e Indicadores da Produtividade

Variáveis	Indicadores
Produtividade	Tempo Ferramenta da manutenção
	Especialidades da manutenção

Atividades executadas
Áreas da empresa

Fonte: Pesquisa direta (2022).

### 3.4 Instrumentos De Coleta De Dados

Palmer (2014) sugere 23 categorias destinadas a capturar todas as atividades de manutenção observadas. Foram analisadas as principais atividades que o mantenedor poderia executar. Com isso, para coletar os dados foi elaborada uma lista de rótulos que descreve quais são as atividades produtivas e improdutivas executadas pela manutenção e classifica em grupos. Também, há o formulário de medição que deverá ser preenchido durante a medição seguindo a lista de rótulos, esse preenchimento é feito pela equipe de medição. As figuras 6 e 7 ilustram a lista de rótulos e as figuras 8 e 9 o formulário de medição.

### FORMULÁRIO DE MEDIÇÃO - TEMPO FERRAMENTA

GRUPO	RÓTULO	COD
ADMINISTRATIVO	DDS e outras reuniões	AD01
	Banheiro/vestiário	AD02
	Rouparia	AD03
	Telefone/conversando/fumando	AD04
	Ambulatório	AD05
	Banco	AD06
	Em horário de almoço	AD07
	Segurança (Inspeção, checklist)	AD08
	Treinamento (workshop...)	AD09
	Aguardando atividades/De prontidão	AD10
DESLOCAMENTO	Andando	DE01
	Aguardando ônibus/van	DE02
	Se deslocando de ônibus	DE03
	Se deslocando de van	DE04
	Aguardando veículo central	DE05
	Carregando/descarregando veículo	DE06
	Se deslocando de veículo da central	DE07
	Deslocamento de PTA (Plataforma de Trabalho em Altura)	DE08
MOBILIZAÇÃO	Almoxarifado (retirada)	MB01
	Ferramentaria/Viferro	MB02
	APR	MB03
	Armário (Caixa de ferramentas, EPI, etc)	MB04
DESMOBILIZAÇÃO	Preparando sucata para desgaste	DB01
	Descarte de sucata no Centro de Descarte	DB02
	Descarte de sucata em caçamba	DB03
	Envio de material para DP15	DB04
	Almoxarifado (devolução)	DB05
	Preenchendo/escrevendo relatório(RDO, OM/PM)	DB06
AGUARDANDO	Operação	AA01
	Mecânica	AA02
	Elétrica	AA03
	Soldagem	AA04
	Pintor	AA05
	Segurança	AA06
	Alpinismo industrial	AA07
	Instrumentação	AA08
	Andaime	AR01
	PTA (Plataforma de Trabalho em Altura)	AR02
	Guindaste/Rigger	AR03
	Empilhadeira	AR04
	Caminhão Munck	AR05
	Gerador	AR06

Figura 6: Lista de rótulos.  
Fonte: Pesquisa Direta (2022).

### FORMULÁRIO DE MEDIÇÃO - TEMPO FERRAMENTA

GRUPO	RÓTULO	COD
EXECUTANDO	Executando em campo	EX01
	Executando em oficina	EX02
	Operando equipamento	EX03
	Consultando documentos	EX04
	Preparando local de trabalho	EX05
	Organizando local de trabalho	EX06
	Executando atividade não programada (quando tem quebra)	EX07
	Ajudando/Apoiando	EX08
	Executando atividade na sala elétrica	EX09
RESOLVENDO PROBLEMAS	Obtendo materiais	RP01
	Obtendo ferramentas	RP02
	Obtendo informações	RP03
	Obtendo outros recursos	RP04
	Consultando supervisor	RP05
	Localizando o local/equipamento de trabalho	RP06
	Aguardando melhora de condições climáticas	RP07
	Obtendo liberação de acesso	RP08
NÃO OBSERVADO	Perda de início	NO01
	Perda de fim	NO02
	Chegar mais tarde ou sair mais cedo	NO03
	Observado ausente da empresa	NO04
	<b>Observador ausente</b>	NO05
TAG	Aguardando eletricitas	TG01
	Bloqueio/desbloqueio	TG02
	Abrindo/fechando caixa de TAG	TG03

Figura 7: Lista de rótulos.  
Fonte: Pesquisa direta (2022).

Nas figuras 6 e 7, podem-se observar a distribuição das diferentes atividades que fazem parte da rotina de trabalho dos mantenedores. As atividades estão relacionadas através de diferentes grupos, cada um com um conceito diferente. Sendo:

- Administrativo, são quaisquer atividades realizadas fora das áreas externas ou das oficinas e que não agregam valor.
- Deslocamento, é o tempo improdutivo utilizado em deslocamentos.
- Mobilização e Desmobilização, correspondem ao tempo improdutivo utilizado em atividades que são necessárias para que o serviço seja iniciado ou concluído.
- Aguardando, representa o tempo improdutivo gasto na espera da chegada de mão de obra ou recursos, ou execução de atividades de outras disciplinas (soldador, mecânico, elétrica, instrumentista, etc).

- Executando, representa tempo produtivo utilizado em atividades que agregam valor.
- Resolvendo Problemas é o tempo improdutivo utilizado em atividades para recolocar um serviço interrompido em andamento.
- Não observado corresponde a todo o tempo em que o observador não está com o observado. NO03, NO04 e NO05 não entram no cálculo do indicador.
- TAG é o tempo improdutivo utilizado na espera da realização de TAG (abrir ou fechar).

Dentro de cada Grupo, os rótulos carregam a informação padronizada do que está sendo realizado. Com isso, torna mais assertivo a interpretação do observador. O observador toma notas dos tempos de cada atividade e preenche o COD correspondente em seu formulário de medição. Tais campos podem ser vistos nas figuras 8 e 9:

### CHECKLIST DE MEDIÇÃO - TEMPO FERRAMENTA

Informações da Medição	
Observador	
Observado	
Data	___/___/2022
Número da OM	
Local	
Choveu?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
<b>Qual(is) a(s) especialidade(s) atuando na frente de serviço? Quanto(s)?</b>	
<b>Qual a atividade realizada?</b>	
<b>Quais ferramentas e recursos foram utilizados? Exceto as de caixa de ferramentas.</b>	
<b>O serviço foi cancelado? Se sim, por quê?</b>	
<b>Observações</b>	

Figura 8: Formulário de medição - Frente.  
Fonte: Pesquisa direta (2022).





A figura 8 é primeira página do formulário de medição, nela serão preenchidas as informações iniciais e relevantes para identificação da medição. A figura 9 corresponde a segunda página do formulário de medição, os observadores foram treinados para descrever, minuto a minuto, qualquer atividade realizada pelo observado. Esta informação é rica e ainda contém descobertas importantes, mas obtê-las envolve uma análise detalhada e laboriosa. Para acelerar os ganhos do estudo através da coleta de informações padronizadas, os observadores possuem em mãos a lista de rótulos de estado com as atividades típicas dos trabalhadores em estudo.

Cada formulário de medição deve conter as informações do dia de uma única pessoa que foi observada. Mesmo que determinado mantenedor execute uma atividade em equipe, a observação constará apenas os tempos e movimentos do indivíduo observado.

### **3.5 Tabulação dos Dados**

Para esta pesquisa são utilizados *os softwares* Microsoft Excel, Microsoft Power BI, Minitab, Microsoft Power Point e Microsoft Word; com o intuito de consolidar e manipular os dados, criar o indicador de produtividade e apresentar os resultados.

O Microsoft Excel é utilizado para criar e armazenar o banco de dados das medições coletadas, já o Microsoft Power BI para a elaboração do indicador Tempo Ferramenta e visualização das improdutividades por categorias. No *software* Minitab serão realizadas as análises estatísticas necessárias para validação dos resultados do estudo. O Microsoft Power Point para apresentação das análises e relatórios finais. Por fim, o Microsoft Word para documentação dos resultados.

### **3.6 Considerações Finais do Capítulo**

Neste capítulo foi apresentada toda a metodologia para a realização deste estudo, além de ter sido apresentadas as ferramentas escolhidas para coletar e analisar a questão problema. Também foi feita a classificação da pesquisa de forma correta para que o estudo seja feito de maneira objetiva e clara.

No próximo capítulo são abordados os resultados e as discussões obtidos com a pesquisa, de forma a entender as contribuições da criação e aplicação do Tempo Ferramenta para o setor estudado.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Características da Empresa**

A empresa estudada tem como produto final pelotas de minério de ferro, para isso, abriga em seu primeiro complexo as etapas desde extração do minério, beneficiamento, sistema de filtragem e a primeira estação de bombas dos minerodutos, que é responsável pelo transporte do produto até o segundo complexo. Nesta última unidade, contempla as etapas de pelotização, o tratamento de água e o terminal marítimo.

De acordo com Mourão (2017), os minérios pobres (possuem baixo teor ferro em sua composição) têm de ser moídos e concentrados. O processo de pelotização foi desenvolvido para o aproveitamento desses minérios concentrados, ultrafinos, impróprios para o uso direto nos fornos siderúrgicos de produção de ferro primário. A pelotização consiste na aglomeração desses finos, transformando-os em esferas de diâmetro médio da ordem de 12 mm, com propriedades químicas, físicas e metalúrgicas adequadas para uso na Siderurgia.

O processo produtivo da empresa contempla as seguintes etapas, divididas nos seguintes complexos, conforme a figura 10:

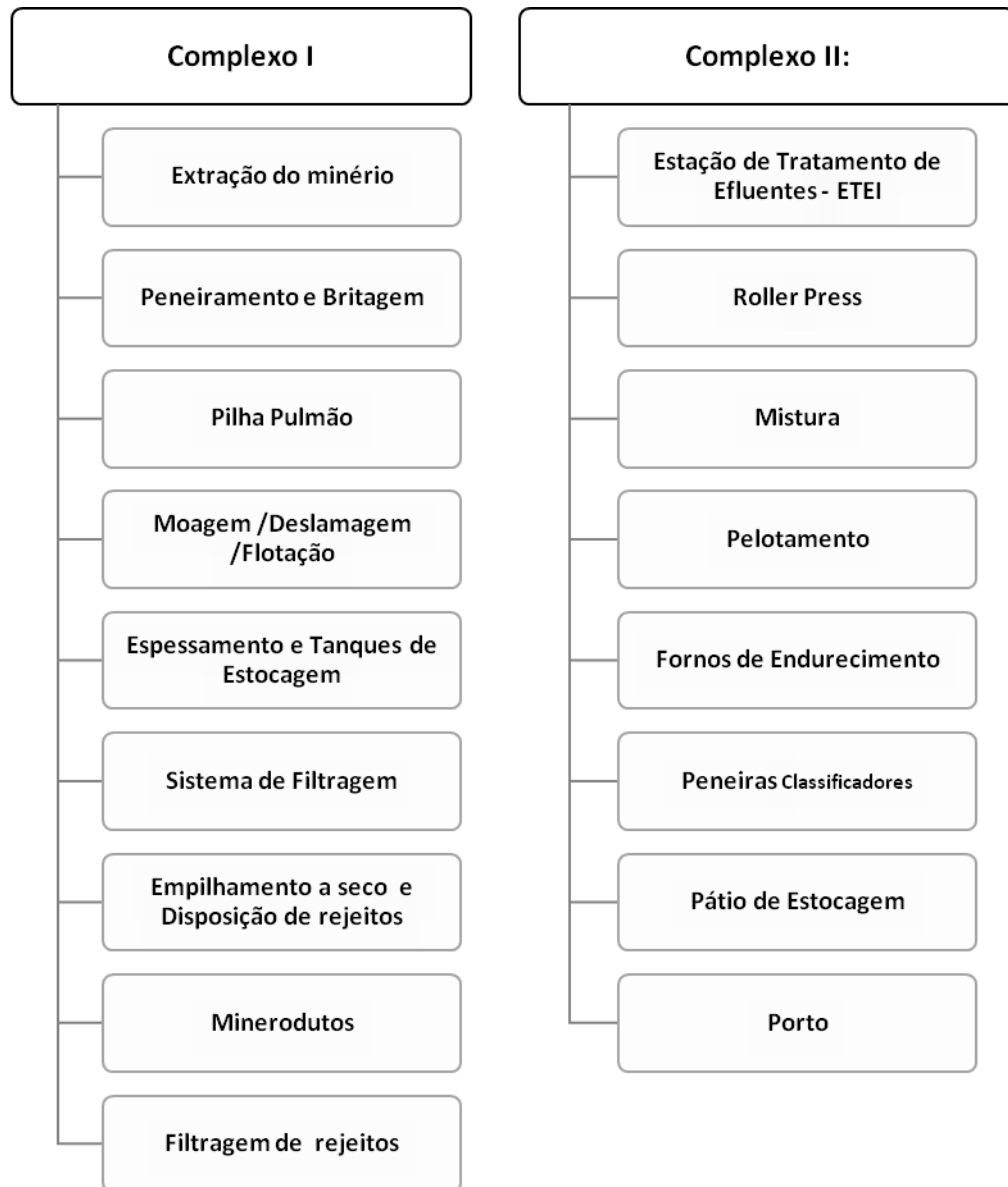


Figura 10: Processo produtivo Complexos I e II.  
Fonte: Pesquisa direta (2022).

De acordo com a figura 10, todo o processo inicia com a extração do minério a partir do desmonte de rocha. Esse processo de extração junto com o transporte é denominado lavra. Na empresa estudada, somente 10% do desmonte é realizado por meio de explosivos e os 90% restante é desmonte mecânico com tratores. O processo produtivo do complexo I está detalhado na figura 11.

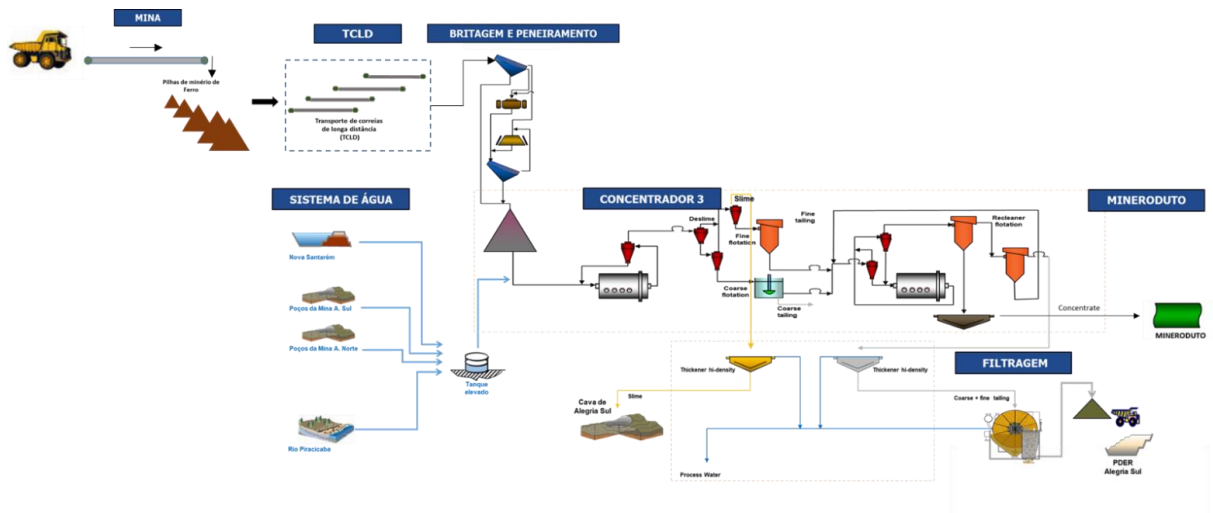


Figura 11: Processo Produtivo complexo I.  
Fonte: Arquivo interno (2022).

Segundo a figura 11, percebe-se que o minério é extraído da Mina através de caminhões fora-de-estrada, é empilhado e segue para os Transportadores de Correias de Longa Distância (TCLD). O minério é extraído seguindo as especificações do planejamento de mina, passa pelo processo de blendagem para adequação dos teores e é disposto em pilhas. Esse transporte para as pilhas é feito através de correias transportadoras e equipamentos móveis (Frota).

O minério é transportado para a instalação de peneiramento e britagem através dos transportadores de correias de longa distância (TCLD), onde são separadas as partículas por tamanho e depois feita a cominuição delas, passando para uma granulometria específica. Novamente, o minério é transportado, por meio de correias transportadoras, para a Pilha Pulmão e, em seguida, o material proveniente da pilha alimenta os moinhos. Na moagem, os moinhos têm a função de promover ainda mais a redução das partículas. A partir da moagem, o minério é misturado com água, formando a polpa para ser processada.

A polpa é encaminhada para o processo de deslamagem, onde os ciclones retiram as partículas menores, chamadas de lama, e as enviam para o espessador de lamas. Após a deslamagem, a polpa é encaminhada para a etapa de flotação que tem por objetivo promover a separação das impurezas dos minerais de ferro. Os produtos resultantes são o rejeito arenoso e o minério concentrado, o qual é enriquecido para aumentar o seu teor de ferro e passa pela moagem secundária para adequação das especificações necessárias.

Todo esse processo de Moagem/Deslamagem/Flotação e Espessamento e Tanques de Estocagem são realizados dentro do Concentrador 3, que consiste em uma usina de beneficiamento do minério de ferro na empresa estudada.

O rejeito arenoso é encaminhado para o espessador de rejeitos e o minério que foi remoído é direcionado para o espessador de concentrado, e depois enviado para os tanques de estocagem que abastecem os minerodutos.

O rejeito arenoso, após passar pelo espessador de rejeitos, é enviado para o sistema de filtragem. Com a retirada da água, passa a ter um alto teor de sólidos, o que permite o empilhamento a seco de 80% do volume total do rejeito proveniente do beneficiamento do minério de ferro. Toda a água extraída com a filtragem é recirculada no processo produtivo.

O minério concentrado nos tanques de estocagem é bombeado pelos minerodutos em forma de polpa, composta de 70% de minério e 30% de líquido. A empresa possui três minerodutos com quase 400. quilômetros de extensão. Eles transportam o concentrado rico em ferro, através de sistemas de bombeamento, até a usina de Pelotização. A cerca de 150 km de distância, estão instaladas três estações de bombeamento intermediárias, sendo as mesmas responsáveis por promover o transporte da polpa de minério de ferro até o Complexo II.

Quando a polpa do minério de ferro chega ao Complexo II, é transportada para um espessador. Este tem como função o desaguamento da polpa de minério de ferro, onde a parte mais densa que sai pela parte inferior é encaminhada para os tanques de homogeneização.

Quando a polpa do minério de ferro chega ao Complexo II, é transportada para um espessador. Este tem como função o desaguamento da polpa de minério de ferro, onde a parte mais densa que sai pela parte inferior é encaminhada para os tanques de homogeneização.

A etapa de filtragem é responsável pela separação da água, colocada para facilitar o transporte dos finos de minério. A água retirada passa por um processo de tratamento em um clarificador e, posteriormente, para uma Estação de Tratamentos de Efluentes Industriais (ETEI) para ser reaproveitada nos processos.

O processo produtivo do complexo I está detalhado na figura 12.

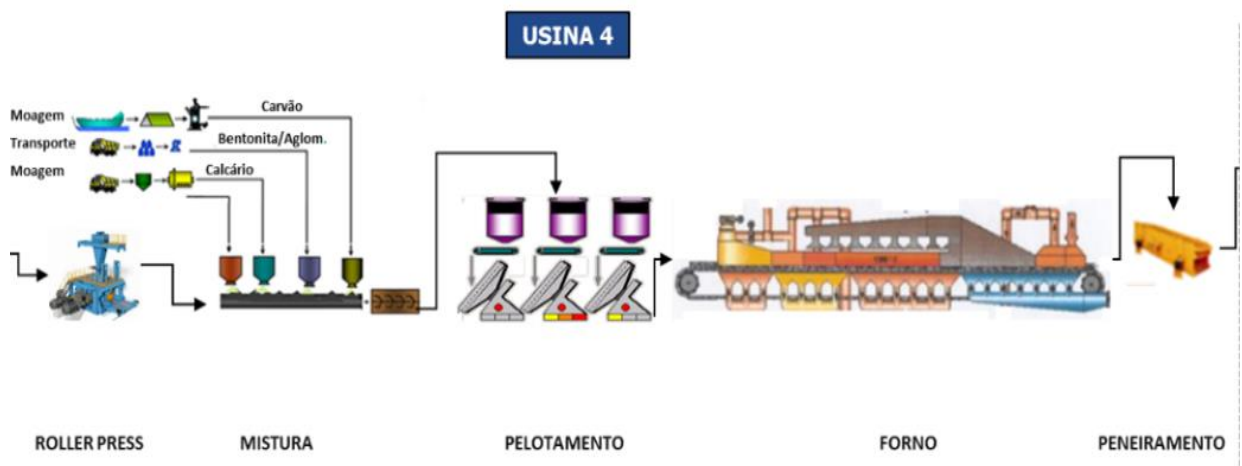


Figura 12: Processos do Complexo II.  
 Fonte: Arquivo técnico da empresa (2021).

De acordo com a figura 12 o produto da filtragem, *pellet feed*, é descarregado em correias transportadoras para ser prensado entre dois rolos, *rollerpress*, que garantem um controle mais preciso de sua granulometria. Após a etapa de *rollerpress*, o produto é armazenado em silos e misturado com insumos, como calcário, carvão/coque e aglomerantes orgânicos.

A mistura de *pellet feed* e insumos alimenta os discos de pelotização e sofre um rolamento em sentido circular, provocado pela rotação e inclinação dos discos, resultando nas pelotas cruas. Estas são descarregadas nas mesas de rolos, onde são classificadas por granulometria, e encaminhadas para o forno. O forno é constituído pelos processos de secagem, pré-queima, queima e resfriamento da pelota, de forma a garantir as propriedades adequadas para a comercialização. Após o pelotamento e classificação nas mesas de rolos, as pelotas cruas entre 8 mm e 18 mm de tamanho passam pelo peneiramento.

Por fim, como é exemplificado na figura 13, as pelotas que saem da zona de resfriamento do forno são encaminhadas para o peneiramento. Aquelas com características adequadas (físicas, metalúrgicas etc.) são transportadas, por correias, para os pátios de estocagem. As pelotas são carregadas pelo *shiploader* para embarque do produto nos navios para exportação.



Figura 13: Pátio e Porto.  
Fonte: Arquivo técnico da empresa (2021).

De acordo com a figura 13 é possível verificar que o empilhamento das pelotas é realizado pelo equipamento *stacker reclaimer*. Sendo a última etapa, o carregamento.

A estrutura organizacional da empresa é grande e complexa. Engloba diferentes setores que desempenham papéis fundamentais para a companhia. O organograma apresentado na figura 14 retrata esse ponto.



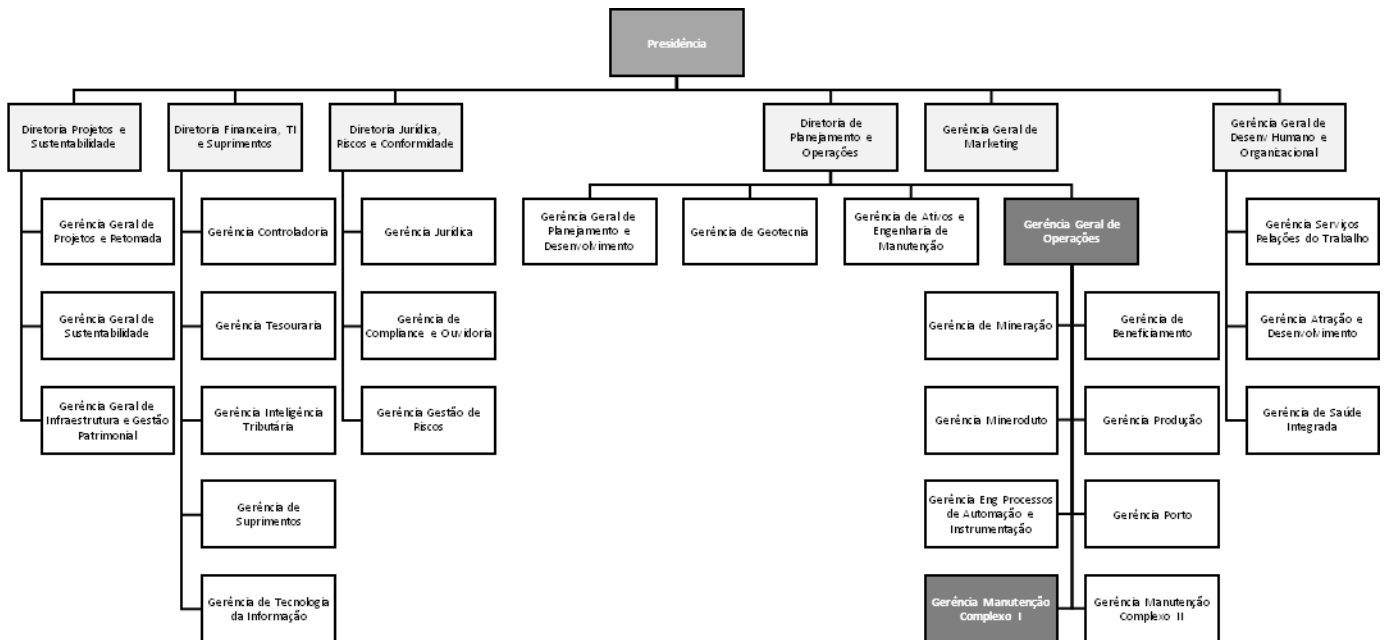


Figura 14: Organograma Geral.  
Fonte: Pesquisa direta (2022).

O organograma apresentado na figura 14 aponta a estrutura organizacional seguida pela empresa estudada. O primeiro cargo indicado, no topo da hierarquia é a Presidência, seguido das principais Diretorias:

- Diretoria Projetos e Sustentabilidade
- Diretoria Financeira, Tecnologia da Informação (TI) e suprimentos;
- Diretoria Jurídica, Riscos e Conformidade;
- Diretoria de Planejamento e Operações;
- Gerência Geral de Marketing;
- Gerência Geral de Desenvolvimento Humano e Organizacional.

Cada Diretoria é composta pelas Gerências. Cada Gerência possui suas subdivisões organizacionais. Para este trabalho serão comentadas apenas as divisões que compõem a Gerência Geral de Operações, onde a Manutenção está inserida. Conforme é ilustrado na figura 15.



Figura 15: Organograma Gerência de Manutenção Complexo I.  
Fonte: Pesquisa direta (2022).

A figura 15 detalha as divisões da Gerência de Manutenção. Abaixo dela, encontra-se o PCM, a Coordenação de Planejamento da Manutenção

## 4.2 Gestão da Manutenção

Atualmente, as grandes corporações trabalham com um conceito moderno de manutenção, que visavencer os problemas gerenciais e proporcionar maior eficiência ao setor de manutenção. A Gestão da Manutenção da empresa estudada é estruturada da forma que torne possível compreender, o planejamento e controle da manutenção, os fatores que definem as estratégias de manutenção, a estrutura organizacional adotada, os indicadores-chaves para o controle do desempenho das atividades de manutenção.

A manutenção possui duas Gerências. A primeira é a Gestão de Ativos da Manutenção, setor responsável pelo controle eficaz e a governança dos ativos para obter valor por meio do gerenciamento de riscos e oportunidades, com o intuito de atingir o equilíbrio desejado entre custo, risco e desempenho. A Gestão de Ativos confere toda a Engenharia, Confiabilidade e Melhoria para os ativos da empresa.

A segunda é o PCM, responsável pela execução das manutenções. Execução dos planos de manutenção que são elaborados pela Engenharia. Bem como execução das manutenções corretivas, preventivas, preditivas e inspeções.

As duas possuem centros de custos separados, mas precisam estar alinhadas. Esse alinhamento de papéis e responsabilidades é claramente definido e estabelecido nos manuais e procedimentos internos da empresa. Em tais documentos, é descrito cada atividade e papel de cada executante.

A Gestão de Ativos da Manutenção é responsável pelos seguintes processos:

- Análise de criticidade e confiabilidade dos ativos;
- Análises de falha;
- Modificações e melhorias em equipamentos;
- Gestão de garantias;
- Estratégias de materiais;
- Solicitação e aceitação de testes em novos materiais;
- Controle inicial dos processos;
- Lubrificação;
- Gestão de mudanças;
- Preditiva;
- Gestão de documentos;

- Integridade Estrutural dos ativos;
- Infraestrutura da informação;
- Monitoramento de indicadores;
- Cumprimento de requisitos legais;
- Registro de Ativos;
- Lista de Opções de Fornecimento;
- Reforma de componentes;
- Auditoria dos processos.

A Gerência de Manutenção é responsável pelos seguintes processos:

- Planos de Manutenção;
- Mapa de 52 semanas da manutenção;
- Programação da manutenção de rotina;
- Conservação dos Ativos;
- Decisões de fim de vida dos ativos;
- Descarte de materiais;
- Gestão de suprimentos;
- Terceirização de serviços;
- Gestão de contratos.

Com isso, o foco do trabalho são os executantes da manutenção da Gerência de Manutenção e dos executantes de atividades terceirizadas.

### **4.3 Determinação do método de medição**

#### **4.3.1 População do estudo**

O indicador Tempo Ferramenta, tem o objetivo de mensurar a produtividade das equipes de manutenção considerando como Tempo Produtivo o período em que os mantenedores estão de fato com a ‘mão na ferramenta’ executando ações produtivas para a manutenção. A partir disso, é preciso definir quais especialidades farão parte do estudo. Afinal, o organograma da manutenção possui diferentes cargos e funções que não poderão ser avaliadas segundo os conceitos do Tempo Ferramenta. Sendo que, quanto mais complexa é a função de um trabalhador, mais difícil será definir quais atividades compõem o tempo produtivo.

Com base nisso, a população que foi estudada corresponde as seguintes especialidades: Elétrica, Inspeção, Instrumentação, Lubrificação, Mecânica, Montagem de Andaimos, Soldagem e Vulcanização. Todas são necessárias para o cumprimento da programação da manutenção e executam em campo ou na oficina as atividades indispensáveis para o bom funcionamento dos equipamentos.

É importante ressaltar que, tanto a população das especialidades de manutenção da empresa estudada quanto a população das especialidades de manutenção das empresas que prestam serviços terceirizados para a empresa estudada entrarão no escopo de medição.

#### 4.3.2. *Work Activity Analysis*

Na população em estudo, o trabalho das equipes não apresenta ciclos de repetição diária. Ou seja, um dia de trabalho de um mantenedor varia conforme o equipamento e componente mantidos, do tipo de intervenção, do local onde será realizada a manutenção, dentre outras variáveis.

Segundo os estudos de tempos e movimentos foi adotado o método de medição *Work Activity Analysis*, consiste no registro cronológico das atividades executadas durante a jornada de trabalho do observado. Tal método permite preservar a sequência do trabalho, é aplicável em uma organização onde os trabalhadores estão espalhados por uma grande área geográfica e requer muito tempo de observação.

#### 4.3.3. Amostragem

A população total do estudo é composta por todas as empresas terceirizadas que prestam serviços de manutenção e pela equipe de manutenção da empresa estudada. No estudo, o valor da população total é 520. Os valores da população de cada empresa e especialidade estão detalhados na tabela 2.

Tabela 2: População do estudo

<b>Empresas</b>	<b>Especialidades</b>	<b>População</b>
A	Montagem de Andaime	25
B	Vulcanização	31
C	Mecânica	16
C	Soldagem	84
D	Elétrica	12
E	Mecânica	8
E	Elétrica	4
F	Elétrica	29
G	Elétrica	2

G	Instrumentação	33
H	Mecânica	7
H	Soldagem	1
H	Elétrica	2
I	Inspeção	10
J	Mecânica	8
J	Soldagem	11
J	Elétrica	20
K	Lubrificação	19
L	Elétrica	5
M	Mecânica	88
M	Soldagem	27
M	Elétrica	48
M	Instrumentação	6
N	Mecânica	11
N	Elétrica	13
<b>TOTAL</b>		<b>520</b>

Fonte: Pesquisa direta (2022).

Conforme observa-se na tabela 2, existem 14 empresas diferentes atuando na manutenção. A empresa A é responsável por montar andaimes; a empresa B realiza os serviços de vulcanização em correias transportadoras; a empresa C possui mecânicos e soldadores na equipe de manutenção; a empresa D oferece apenas serviços de manutenção elétrica; a empresa E atua na manutenção de compressores, possui mecânicos e eletricistas; a empresa F realiza serviços de manutenção elétrica; a empresa G possui uma pequena equipe da elétrica e um maior número de mantenedores da especialidade Instrumentação; a empresa H executa serviços de manutenção em poços e sistema de água, possui mecânicos, soldadores e eletricistas; a empresa I atua nas inspeções preditivas e sensitivas; a empresa J presta serviços de montagem de correias de bancada possui mecânicos, soldadores e eletricistas; a empresa K oferece apenas serviços de lubrificação; a empresa L executa manutenção em rede aérea, possui equipe apenas da elétrica; a empresa M corresponde à mineradora estudada, possui a maior população que está dividida entre mecânica, soldagem, elétrica e instrumentação e a empresa N que realiza o serviço de manutenção em pontes rolantes, possui mecânicos e eletricistas na equipe.

A unidade de medida de estudo foi o dia de trabalho. Para cada dia observado, um tempo ferramenta foi calculado. Conforme está exemplificado na tabela 3.

Tabela 3: Exemplo dos dados gerados no estudo.

DIA	Observado	Especialidade	Empresa	Tempo Ferramenta
1	Observado 1	Montagem de andaime	A	30,0%
2	Observado 2	Vulcanização	B	36,0%
3	Observado 3	Montagem de andaime	A	27,0%
5	Observado 4	Soldagem	C	33,0%
6	Observado 5	Elétrica	D	40,0%

Fonte: Pesquisa direta (2022).

A tabela 3 indica que para cada dia de medição do tempo ferramenta, é realizado o acompanhamento da jornada de trabalho de uma pessoa, o Observado, de uma especialidade específica. Como a população total é de 520 pessoas, realizar a medição de todos os observados demandaria 520 dias. Por isso, é preciso realizar o cálculo da amostra dessa população. Isso possibilita realizar o estudo com um grupo da população que irá representar o todo.

Para isso, primeiro verificou-se o peso de cada população em relação ao total, utilizando a equação 3:

$$\text{Percentual da População} = \frac{\text{População}}{\text{Total da População}} \quad (3)$$

O resultado obtido está detalhado na tabela 4.

Tabela 4: Percentual de cada população estudada.

Empresas	Especialidades	População	Percentual da População
A	Montagem de Andaime	25	4,8%
B	Vulcanização	31	6,0%
C	Mecânica	16	3,1%
C	Soldagem	84	16,2%
D	Elétrica	12	2,3%
E	Mecânica	8	1,5%
E	Elétrica	4	0,8%
F	Elétrica	29	5,6%
G	Elétrica	2	0,4%
G	Instrumentação	33	6,3%
H	Mecânica	7	1,3%
H	Soldagem	1	0,2%

H	Elétrica	2	0,4%
I	Inspeção	10	1,9%
J	Mecânica	8	1,5%
J	Mecânica	11	2,1%
J	Elétrica	20	3,8%
K	Lubrificação	19	3,7%
L	Elétrica	5	1,0%
M	Mecânica	88	16,9%
M	Soldagem	27	5,2%
M	Elétrica	48	9,2%
M	Instrumentação	6	1,2%
N	Mecânica	11	2,1%
N	Elétrica	13	2,5%
<b>TOTAL</b>		<b>520</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Pesquisa direta (2022).

Será utilizada a equação (2) para calcular o número de dias observados por grupo analisado.

Logo, o cálculo do tamanho da amostra será feito com base na média do tempo ferramenta por dia observado. Isso foi mantido para todos os subgrupos de dados analisados.

Segundo estudos realizados em outros contextos na mesma empresa, o desvio padrão observado foi de 17,62 pontos percentuais, e ele foi considerado uma estimativa de baixo risco, já que a margem de erro real foi calculada a partir dos dados obtidos.

O nível de confiança desejado foi de 95%, com issoo valor da distribuição normal padronizada para o nível de confiança desejado é de 1,9599. A margem de erro de 1% é adotada para exemplificar os cálculos. Com isso, a equação 3 pode ser calculada da seguinte maneira:

$$n = \left( \frac{0,1762 * 1,9599}{0,01} \right)^2 = 1193 \quad (4)$$

Diante disso, é possível plotar o gráfico para verificar a relação entre o número de medições (observações) e a margem de erro atrelada aos resultados na figura 16.



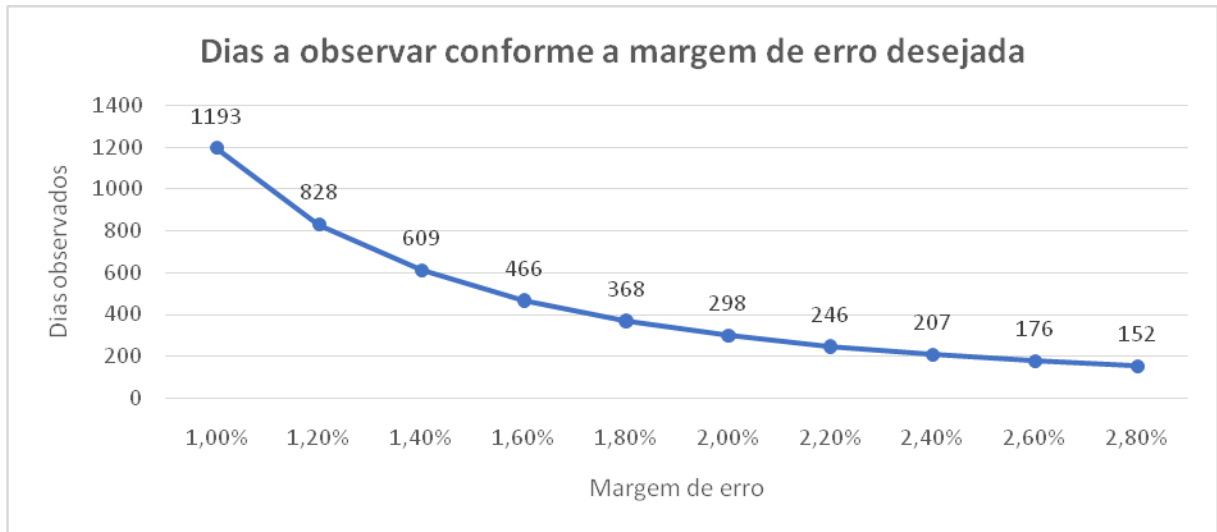


Figura 16: Gráfico dos dias a observar pela margem de erro.  
Fonte: Adaptado Hupp (2021).

A partir da figura 16, percebe-se que para obter a margem de erro de 1,00% nos dados do Tempo Ferramenta é necessário realizar 1193 observações (medições). Já para 152 medições, a margem de erro será de 2,8%. Para o trabalho, foi alinhado que a margem de 2,80% atenderia às expectativas da empresa estudada. Por isso, foi definido que o número de medições a serem realizadas seria 152, ou seja,  $n = 152$ .

Com o número total de observações definido, calculou-se a distribuição de dias de observação para cada empresa de acordo com a equação 5:

$$\text{Observações (Dias)} = \text{Percentual da População} * n \quad (5)$$

Os dados obtidos estão na tabela 5.

Tabela 5: Observações (Dias)

Empresas	Especialidades	População	Percentual da População	Observações (Dias)
A	Montagem de Andaime	25	4,8%	7
B	Vulcanização	31	6,0%	9
C	Mecânica	16	3,1%	5
C	Soldagem	84	16,2%	25
D	Elétrica	12	2,3%	4
E	Mecânica	8	1,5%	2
E	Elétrica	4	0,8%	1
F	Elétrica	29	5,6%	8
G	Elétrica	2	0,4%	1

G	Instrumentação	33	6,3%	10
H	Mecânica	7	1,3%	2
H	Soldagem	1	0,2%	0
H	Elétrica	2	0,4%	1
I	Inspeção	10	1,9%	3
J	Mecânica	8	1,5%	2
J	Soldagem	11	2,1%	3
J	Elétrica	20	3,8%	6
K	Lubrificação	19	3,7%	6
L	Elétrica	5	1,0%	1
M	Mecânica	88	16,9%	26
M	Soldagem	27	5,2%	8
M	Elétrica	48	9,2%	14
M	Instrumentação	6	1,2%	2
N	Mecânica	11	2,1%	3
N	Elétrica	13	2,5%	4
<b>TOTAL</b>		<b>520</b>	<b>100,0%</b>	<b>153</b>

Fonte: Pesquisa direta (2022).

A coluna Observações (Dias) da tabela 5 apresenta o número de medições que deverão ser realizadas para cada empresa e suas respectivas especialidades. Observa-se que a soma de todos os dias corresponde a 153 e não 152, pois é necessário utilizar números inteiros, já que a unidade de medida é Dia. Com tais valores definidos, a próxima etapa consiste na elaboração do cronograma de medições.

#### 4.3.4. Cronograma de medições

Após verificar o total de observações na tabela 5, fica claro que será necessário realizar 153 medições e isso representa 153 dias de observações. Logo, o cronograma deverá englobar esse valor de dias no planejamento. Porém, antes do estudo ser realizado estavam definidos os prazos de início e conclusão do projeto. Nesse contexto, o período de medições pré-definido foi de 25 de outubro de 2021 a 07 de fevereiro de 2022.

Com o objetivo de garantir que o número de observações seja cumprido dentro do prazo determinado, segundo os recursos disponíveis para o estudo. Optou-se por selecionar uma equipe de 3 observadores. Portanto, em um dia é possível realizar 3 observações. Logo,

com os 3 observadores realizando as medições durante 51 dias será possível atingir a meta de 153 medições.

O observador não precisa ter conhecimento profundo sobre o trabalho dos observados, mas também não pode ser uma pessoa completamente leiga. É desejável que o observador seja capaz de ver e identificar os seguintes eventos e locais:

- Uso das principais ferramentas e equipamentos de apoio utilizados no ambiente industrial;
- Realização dos principais procedimentos de segurança (bloqueio de energias, análise preliminar de riscos, inspeção de segurança etc.);
- Saber se localizar e se deslocar facilmente em todos os pontos da unidade industrial.

Dentro do período disponível para realização das observações, verificou-se o número de dias letivos, pois os finais de semana e feriados não foram inclusos. Além disso, outro ponto importante é definir, preferencialmente, uma vez na semana um dia para realização de reuniões com a equipe de observadores.

Através do Microsoft, criou-se uma planilha com a sequência corrida de datas a partir do dia que se quer iniciar o estudo, e identificar as interrupções possíveis por coluna. Os passos estão descritos na tabela 6.

a) Identificar as interrupções

Tabela 6: Dias de estudo.

Data	Dias da Semana	É final de Semana?	É feriado?	É dia de reunião?	É dia de medição?
25/10/2021	1	Não	Não	Não	Sim
26/10/2021	2	Não	Não	Não	Sim
27/10/2021	3	Não	Não	Não	Sim
28/10/2021	4	Não	Não	Não	Sim
29/10/2021	5	Não	Não	Sim	Não
30/10/2021	6	Sim	Não	Não	Não
31/10/2021	7	Sim	Não	Não	Não
01/11/2021	1	Não	Sim	Não	Não
02/11/2021	2	Não	Sim	Não	Não
03/11/2021	3	Não	Não	Não	Sim
04/11/2021	4	Não	Não	Não	Sim
05/11/2021	5	Não	Não	Não	Sim
06/11/2021	6	Sim	Não	Não	Não
07/11/2021	7	Sim	Não	Não	Não

Fonte: Pesquisa direta (2022).

Na coluna “Data” da tabela 6 foram inseridos todos os dias entre 25 de outubro de 2021 e 07 de fevereiro de 2022. A coluna “Dias da Semana” foi criada utilizando a fórmula do Microsoft Excel “=DIA.DA.SEMANA” repetida nas demais linhas. A coluna “É final de Semana?” indica quais dias correspondem aos sábados e domingos, sendo os sábados os dias indicados pelo número 6 da coluna “Dias da Semana” e os domingos indicados pelo número 7. As informações da coluna “É feriado” foram adicionadas de forma manual segundo o calendário vigente na empresa. A coluna “É dia de reunião” informa os dias das reuniões com a equipe de observadores. Por fim, tem-se a coluna “É dia de medição”, preenchida a partir das informações das colunas anteriores. Informa em quais dias haverá estudo.

b) Listar observações

Com as informações da tabela 7 foi criada uma planilha listando as observações, da seguinte maneira:

Tabela 7: Lista de observações

<b>N°</b>	<b>Empresa</b>	<b>Especialidade</b>
1	A	Montagem de Andaime
2	A	Montagem de Andaime
3	A	Montagem de Andaime
4	A	Montagem de Andaime
5	A	Montagem de Andaime
6	A	Montagem de Andaime
7	A	Montagem de Andaime
...		
147	N	Mecânica
148	N	Mecânica
149	N	Mecânica
150	N	Elétrica
151	N	Elétrica
152	N	Elétrica
153	N	Elétrica

Fonte: Pesquisa direta (2022).

De acordo com a tabela 7, pode-se concluir que a coluna “N°” informa o número de observações definidas para o estudo. A coluna “Empresa” detalha qual empresa será acompanhada, seguida da coluna “Especialidade” que define a especialidade do observado. A tabela completa se encontra no Anexo.

c) Indicar os Observados

Essa etapa consiste em definir qual pessoa, o observado, de determinada empresa será acompanhada em determinada medição. Para isso, é necessário solicitar aos supervisores de cada empresa os voluntários que estarão dispostos a participar do estudo. Ou seja, é o momento de coletar os nomes dos eletricitas, lubrificadores, mecânicos, soldadores, instrumentistas etc.

Foram solicitados 3 nomes de cada especialidade de cada empresa. A seleção dos indivíduos que participaram do estudo foi realizada por cada supervisor das equipes. Devido ao fato de os dados serem anônimos, já que o objetivo do estudo não é medir as habilidades dos executantes e sim verificar os motivos que os impedem de ser produtivos, será atribuído aos voluntários um código. Tal código irá substituir o nome real dos observados e caso haja necessidade, apenas o código será exposto. Os nomes reais permanecerão em sigilo.

Os códigos seguem a seguinte estrutura:

**XY1**(Duas letras e um número)

A primeira letra corresponde à letra da empresa cujo observado trabalha. A segunda letra corresponde à letra inicial da especialidade do observado. Por fim, o número informa quem é dos três nomes indicados daquela empresa e especialidade. O resultado está apresentado na tabela 8.

Tabela 8: Código Observados

<b>Nº</b>	<b>Empresa</b>	<b>Especialidade</b>	<b>Observado</b>
1	A	Montagem de Andaime	AM1
2	A	Montagem de Andaime	AM2
3	A	Montagem de Andaime	AM3
4	A	Montagem de Andaime	AM1
5	A	Montagem de Andaime	AM2
6	A	Montagem de Andaime	AM3
7	A	Montagem de Andaime	AM1
8	B	Vulcanização	BV1
9	B	Vulcanização	BV2
10	B	Vulcanização	BV3
11	B	Vulcanização	BV1
12	B	Vulcanização	BV2
13	B	Vulcanização	BV3
		...	
147	N	Mecânica	NM1
148	N	Mecânica	NM2
149	N	Mecânica	NM3

150	N	Elétrica	NE1
151	N	Elétrica	NE2
152	N	Elétrica	NE3
153	N	Elétrica	NE1

Fonte: Pesquisa direta (2022).

De acordo com a tabela 8 apresenta a lista de observações. Onde cada linha representa uma observação que será realizada com apenas um observado.

#### d) Aleatorização

As atividades que são acompanhadas são das mais variadas possíveis. Algumas são executadas dentro das usinas, outras são realizadas à céu aberto, dependem de diferentes recursos e diversas variáveis. Com isso, é realizada a aleatorização da tabela 8 que foi criada. Pois assim, poder-se-á evitar que determinada empresa que realiza montagem de correias de bancada à céu aberto seja acompanhada em uma semana de chuvas, com isso, todas as medições teriam grande intercorrências de improdutividade devido ao rótulo RP07, aguardando melhora de condições climáticas.

Também é importante tornar os dados aleatórios, para demonstrar que determinada medição não foi realizada com o intuito de beneficiar ou prejudicar qualquer equipe. E sim, apresentar os dados da forma mais coerente possível.

Para realizar a aleatorização, foi utilizada a função “ALEATÓRIO” do Microsoft Excel. Para isso, é necessário escrever a função na primeira linha da coluna “Aleatório”, conforme a figura 17.:

	A	B	C	D	E
1					
2	<b>Nº</b>	<b>Empresa</b>	<b>Especialidade</b>	<b>Observado</b>	<b>Aleatório</b>
3	1	A	Montagem de Andaime	AM1	=ALEATÓRIO()
4	2	A	Montagem de Andaime	AM2	
5	3	A	Montagem de Andaime	AM3	
6	4	A	Montagem de Andaime	AM1	
7	5	A	Montagem de Andaime	AM2	
8	6	A	Montagem de Andaime	AM3	
9	7	A	Montagem de Andaime	AM1	
10	8	B	Vulcanização	BV1	
11	9	B	Vulcanização	BV2	
12	10	B	Vulcanização	BV3	
13	11	B	Vulcanização	BV1	

Figura 17: Função "ALEATÓRIO" do Microsoft Excel.  
Fonte: Pesquisa direta (2022).

Não é necessário preencher os parênteses, basta escrever, conforme a figura 17 apresenta, e replicar a função nas demais linhas da tabela. O resultado da adição da coluna “Aleatório” pode ser observado na tabela 9.

Tabela 9: Coluna Aleatório

Nº	Empresa	Especialidade	Observado	Aleatório
1	A	Montagem de Andaime	AM1	0,646774612
2	A	Montagem de Andaime	AM2	0,79686013
3	A	Montagem de Andaime	AM3	0,615748924
4	A	Montagem de Andaime	AM1	0,426551213
5	A	Montagem de Andaime	AM2	0,193258829
6	A	Montagem de Andaime	AM3	0,491591124
7	A	Montagem de Andaime	AM1	0,59443465
8	B	Vulcanização	BV1	0,09279222
9	B	Vulcanização	BV2	0,951528481
10	B	Vulcanização	BV3	0,038809755
...				
150	N	Elétrica	NE1	0,342918869
151	N	Elétrica	NE2	0,231473856
152	N	Elétrica	NE3	0,046155926
153	N	Elétrica	NE1	0,788230617

Fonte: Pesquisa direta (2022).

Segundo a tabela 9, verifica-se que a coluna “Aleatório” gera diferentes números de forma automática para todas as linhas da tabela. Com isso, basta classificar esses números do maior para o menor e a sequência criada inicialmente de 1 a 153 estará aleatorizada. Parte do resultado está na tabela 10 e a tabela completa está no Anexo.

Tabela 10: Tabela com os dados aleatorizados.

<b>N°</b>	<b>Empresa</b>	<b>Especialidade</b>	<b>Observado</b>	<b>Aleatório</b>
3	A	Montagem de Andaime	AM3	0,989404191
131	M	Elétrica	ME1	0,985606968
61	F	Elétrica	EE3	0,981726012
140	M	Elétrica	ME1	0,98046223
65	G	Instrumentação	GI3	0,970279048
139	M	Elétrica	ME3	0,9675808
138	M	Elétrica	ME2	0,96207077
135	M	Elétrica	ME2	0,960316964
66	G	Instrumentação	GI1	0,958300179
144	M	Elétrica	ME2	0,955086779
...				
117	M	Mecânica	MM3	0,026272539
54	F	Elétrica	EE2	0,017167898
81	J	Soldagem	JM1	0,008990715
117	M	Mecânica	MM3	0,026272539

Fonte: Pesquisa direta (2022).

A partir da tabela 10, nota-se que a coluna “N°” que originalmente estava sequenciada de 1 a 153, agora possui uma ordem aleatória. Percebe-se também, que as informações das linhas correspondentes a cada número se mantiveram na linha. Ou seja, o conjunto de informações de cada linha, continuam correspondentes.

e) Adicionar observadores e datas

Por fim, a última etapa consiste em adicionar à tabela 10 as datas que foram definidas para medição na tabela 5. Note-se que existem 3 observadores, por isso, em um dia haverá 3 medições. Além disso, como as medições já estão aleatorizadas, pode-se ocultar a coluna “Aleatório”, conforme é mostrado na tabela 11.

Tabela 11: Cronograma de observações

<b>N°</b>	<b>Empresa</b>	<b>Especialidade</b>	<b>Observado</b>	<b>DATA</b>	<b>Observador</b>
3	A	Montagem de Andaime	AM3	25/10/2021	Observado 1
131	M	Elétrica	ME1	25/10/2021	Observado 2
61	F	Elétrica	EE3	25/10/2021	Observado 3
140	M	Elétrica	ME1	26/10/2021	Observado 1



65	G	Instrumentação	GI3	26/10/2021	Observado 2
139	M	Elétrica	ME3	26/10/2021	Observado 3
138	M	Elétrica	ME2	27/10/2021	Observado 1
135	M	Elétrica	ME2	27/10/2021	Observado 2
66	G	Instrumentação	GI1	27/10/2021	Observado 3
...					
51	E	Mecânica	EM1	26/01/2022	Observado 1
62	G	Elétrica	GE1	26/01/2022	Observado 2
111	M	Mecânica	MM3	26/01/2022	Observado 3
117	M	Mecânica	MM3	27/01/2022	Observado 1
54	F	Elétrica	EE2	27/01/2022	Observado 2
81	J	Soldagem	JM1	27/01/2022	Observado 3

Fonte: Pesquisa direta (2022).

De acordo com a tabela 11, a coluna “Data” informa em quase dias serão realizadas as medições. As 153 medições, segundo o cronograma, deverão ser finalizadas no dia 27 de janeiro. Caso não haja interferências, o estudo será finalizado dentro do prazo (até 07 de fevereiro). Por fim, a coluna “Observador”, detalha qual pessoa da equipe de três observadores do estudo realizará a medição. A tabela completa está no Anexo.

#### 4.3.5. Premissas para iniciar as observações

Antes de os observadores irem para campo iniciar suas medições. É necessário que eles possuam em mãos os seguintes itens:

- Um telefone celular, para informar qualquer interferência na medição;
- Uma prancheta;
- Um formulário para registro de rótulos;
- Uma lista com o nome e telefone dos observados e seus reservas;
- Uma lista com os códigos dos rótulos e suas descrições detalhadas.
- A programação de medição;
- Cronômetro simples, para cronometrar o tempo;
- Os equipamentos de proteção individual (EPI’S).

Ao entrar em contato com os participantes do estudo, os observados, os observadores deverão reforçar o objetivo do estudo, abordando os seguintes pontos:

- Explicar que o objetivo do estudo é identificar problemas que fazem com que os serviços sejam interrompidos, e não avaliar o desempenho dos trabalhadores.

- Explicar o que é tempo ferramenta e como será medido, incluindo a presença observadores, horários e demais regras de medição.
- Prometer aos observados que o tempo ferramenta não será comparado individualmente, apenas por grupos (áreas, empresas, especialidade, etc.).
- Permitir o livre acesso aos dados registrados, ou seja, ao final do dia os observados poderão consultar o formulário de medição que foi preenchido.
- Todos os observados, seus reservas e suas lideranças precisam ser comunicados.

A figura

Afigura 18 ilustra uma observação.



Figura 18: Observador realizando a medição.  
Fonte: Arquivos internos (2022).

Na figura 18 é possível ver que o observador se mantém ao lado do observado e registra suas atividades. Mesmo com três pessoas na equipe, as anotações são correspondentes apenas a pessoa designada para ser acompanhada.

Além disso, o observador deve saber onde fica a base de cada observado. Afinal, a observação se inicia às 08:15h e vai até as 16:00h. Lembrando que a jornada de trabalho da empresa é de 7:30 até 16:30. O intervalo das 7:30 às 08:15 é denominado Perda de Início

(NO01) já o intervalo das 16:00 às 16:30 é chamado de Perda de Fim (NO02). Esse tempo é padrão para todas as medições.

Também é preciso se atentar durante o horário de almoço. É desejável que o observador se separe do observado, e marque um horário de local de encontro para reinício das observações. Isso contribui para tornar o estudo um pouco menos invasivo, sem prejuízo à coleta de informações.

A privacidade do observado deve ser sempre respeitada. O observador jamais acompanhará o observado ao banheiro, e se afastará para não ouvir conversas particulares ao telefone ou com outras pessoas. Caso o observador esteja em dúvida sobre o que está vendo, ele pode consultar o observado.

Os observados devem ser tratados como integrantes da equipe do estudo, e não como itens inspecionados. Caso haja alguma discordância sobre os dados registrados ou sobre o estudo, o coordenador deve convidar os envolvidos para uma das sessões de análise, discutir o problema e encontrar uma solução. Alienar os observados das decisões e resultados do estudo, pode resultar em afastar ainda mais de seu comportamento natural, colocando em dúvida os resultados do estudo.

#### 4.3.6. Reuniões com a equipe de medição

As reuniões com a equipe de medição foram programadas para ocorrer uma vez por semana, em encontros que podem ser chamados de “sessões de análise”, com os seguintes objetivos:

- Digitar os dados coletados na base de rótulos: Os observadores levam as fichas preenchidas manualmente no papel, para que seja digitalizado no Microsoft Excel na base de dados;
- Coletar informações não padronizadas: nem tudo que é observado pode ser explicado pelos rótulos de estado. Os observadores podem trazer informações relevantes sobre os problemas que interrompem as atividades, o que vai ajudar a identificar ações de melhoria;
- Treinar a equipe: os observadores vão ter dúvidas e confundir conceitos, o que é natural. A sessão de análise não se trata apenas de digitar os dados das pranchetas, mas de questionar o que foi observado. Pergunte frequentemente durante a digitação: “Mas o que você viu nesta hora?”. Muitas vezes o rótulo precisa ser revisado. Por isso é

importante fazer a sessão de análise com toda a equipe, para que uns ouçam as dúvidas dos outros;

- Atualizar a lista de rótulos: a lista de rótulos deve ser melhorada sempre que possível. Se o coordenador perceber que um tipo de evento é frequente e não está se encaixando em um rótulo, deve criar um novo;
- Monitorar a motivação da equipe: o trabalho de observação é monótono, cansativo e invasivo. Muitas vezes o observador estará em pé, a céu aberto, ouvindo comentários jocosos dos observados e com bastante tempo para pensar. Isto pode, com o tempo, gerar no observador a sensação de ser um trabalho de baixa responsabilidade e que pode ser feito por pessoas sem nenhuma capacitação. Durante as sessões de análise, o coordenador vai combater essa percepção ao cobrar alto nível de rigor e detalhe dos dados coletados, e reforçar com a equipe a importância do estudo para o sucesso da organização.

#### 4.3.7. Indicador Tempo Ferramenta

As observações em campo são adicionadas ao banco de dados no Microsoft Excel durante as sessões de análise. Todos os dados que entram no bando de dados, já estão validados, isso garante que os resultados apresentados estejam em corretos. O bando de dados possui três planilhas. A primeira é chamada de “Dias”, conforme a tabela 12 apresenta:

Tabela 12: Banco de dados Planilha DIAS.

N°	DIOU	APROVEITAMENTO	DATA	DE	OBSERVADOR	OBSERVADO	ESPECIALIDADE	EMPRESA	AREA
3	D001-A	Incluído	25/10/2021	1	Observador 1	AM3	Montagem de Andaime	A	Britagem 03
131	D002-A	Incluído	25/10/2021	1	Observador 2	ME1	Elétrica	M	Britagem 03
61	D003-A	Incluído	25/10/2021	1	Observador 3	EE3	Elétrica	F	Peneiramento 03
140	D004-A	Incluído	26/10/2021	2	Observador 1	ME1	Elétrica	M	Concentrador 03
65	D005-A	Incluído	26/10/2021	2	Observador 2	GI3	Instrumentação	G	Concentrador 03
139	D006-A	Incluído	26/10/2021	2	Observador 3	ME3	Elétrica	M	Concentrador 03
138	D007-A	Incluído	27/10/2021	3	Observador 1	ME2	Elétrica	M	Filtragem Concentrador
135	D008-A	Incluído	27/10/2021	3	Observador 2	ME2	Elétrica	M	02 Concentrador
66	D009-A	Incluído	27/10/2021	3	Observador 3	GI1	Instrumentação	G	03 Concentrador
144	D010-A	Incluído	28/10/2021	4	Observador 1	ME2	Elétrica	M	Mina 1
1	D011-A	Incluído	28/10/2021	4	Observador 2	AM1	Montagem de Andaime	A	Mina 2
75	D012-A	Incluído	28/10/2021	4	Observador 3	HE1	Elétrica	H	Concentrador 03
20	D013-A	Não Incluído	03/11/2021	5	Observador 1	CM1	Mecânica	C	Barragem

50	D014-A	Incluído	03/11/2021	5	Observador 2	DE1	Elétrica	D	Mina 1
89	D015-A	Não Incluído	03/11/2021	5	Observador 3	JE3	Elétrica	J	Concentrador 03
103	D016-A	Incluído	04/11/2021	6	Observador 1	MM1	Mecânica	M	Concentrador 03

Fonte: Pesquisa direta (2022).

Na tabela 12, é possível identificar que a coluna N° se repete conforme o cronograma apresentado, assim como as informações das colunas: “DATA”, “OBSERVADOR”, “OBSERVADO”, “ESPECIALIDADE” e “EMPRESA”. A coluna “DE” informa o Dia do Estudo, como em um dia tem-se 3 medições, o DE se repete três vezes. Ao final, deve haver 51 DE’s.

A coluna “DIOU” informa o código referente à medição, é composto de 6 caracteres: D000-A, onde D é a letra que representa Dia, 000 indica o número da medição (1 a 153), - é o separados e A é a letra que indica qual estudo está sendo tratado. Neste trabalho, será apresentado os dados do estudo A, caso a empresa tenha interesse em realizar novas medições, cada novo medição seguirá a sequência alfabética (Estudo B, Estuco C, Estudo D etc).

Já a coluna “Aproveitamento” indica se a observação foi incluída ou não ao banco de dados. Percebe-se que os DIOU’s D013-A e D014-A não foram incluídos. Ao longo do estudo é comum esse tipo de evento, já que o estudo está sujeito às diferentes interferências, como: A equipe de medição pode faltar devido à doenças, folgas e imprevistos; não foi possível encontrar os observados e seus reservas não ouos observadores foram impedidos de concluir a medição pois não tinham liberação de acesso à área que o observado iria atuar. Quando tais eventos ocorrem, é necessário identificar as causas e implementar, quando possível, a solução para cada interferência.

Devido às interferências que ocorreram o último DIOU não foi D153-A e a Data de conclusão não foi 27 de janeiro de 2022, conforme foi programado no cronograma. Ao longo do estudo, realizava-se a reprogramação do cronograma, da seguinte forma: Nos dias com interferência (Não incluído), a programação daquele dia era adicionada ao final da programação. A tabela 13 informa quantas medições foram programadas e a data de conclusão:

Tabela 13: Final da Planilha DIAS

N°	DIOU	APROVEITAMENTO	DATA	DE	OBSERVADOR	OBSERVADO	ESPECIALIDADE	EMPRESA	AREA
176	D176-A	Incluído	25/02/2022	68	Observador 3	MM2	Mecânica	M	Concentrador 03

177	D177-A	Incluído	28/02/2022	69	Observador 2	FE3	Elétrica	F	Espessador 03
178	D178-A	Incluído	28/02/2022	69	Observador 3	JM1	Mecânica	J	Mina 1
179	D179-A	Incluído	02/03/2022	70	Observador 2	MM1	Mecânica	M	Barragem
180	D180-A	Incluído	02/03/2022	70	Observador 3	MM3	Elétrica	M	Concentrador 03
181	D181-A	Não Incluído	03/03/2022	71	Observador 2			H	
182	D182-A	Não Incluído	03/03/2022	71	Observador 3			M	
183	D183-A	Não Incluído	04/03/2022	72	Observador 2			M	
184	D184-A	Não Incluído	04/03/2022	72	Observador 3			N	

Fonte: Pesquisa direta (2022).

Segundo a tabela 13, após a última reprogramação no cronograma, para que fosse possível cumprir as 153 medições, 184 dias foram planejados. Ou seja, ocorreram 31 interferências. A principal delas, foi a saída do Observador 1. A coluna “Nº” não está aleatorizada, pois as medições naturalmente tornaram-se aleatorizadas, devido aos fatores externos já citados. O DE foi maior que 51, conforme previsto. As medições D181-A, D182-A, D183, D184 não foram realizadas, pois quando foi alcançado 149 medições, a margem de erro era menor que 2,80%, logo tal valor de observações contemplava a margem de erro pretendida. Lembrando que a margem de erro leva em consideração o resultado do Tempo Ferramenta e o número de observações.

A segunda planilha do banco de dados é a “INTERVALO”, ela carrega as informações que os observadores anotam no verso do formulário de medição. Sua estrutura segue o seguinte formato observado na tabela 14.

Tabela 14: INTERVALO medição D001-A.

DIOU	Hi	Hf	INTERVALO	RÓTULO	SUBRÓTULO
D001-A	07:30	8:14	45	NO01	Perda de início
D001-A	8:15	9:00	46	DE07	Deslocando para usina 02
D001-A	9:01	9:13	13	EX05	Preparando para iniciar atividades
D001-A	9:14	10:01	48	EX01	Montando andaimes
D001-A	10:02	10:03	2	RP03	Obtendo informações com equipe
D001-A	10:04	10:43	40	EX01	Montando andaimes
D001-A	10:44	10:50	7	EX06	Organizando local de trabalho
D001-A	10:51	10:52	2	DE01	Deslocando para nova frente de serviço
D001-A	10:53	11:17	25	EX05	Preparando local de trabalho
D001-A	11:18	12:58	101	EX01	Montando andaimes
D001-A	12:59	13:03	5	EX06	Recolhendo material
D001-A	13:04	13:06	3	DE01	Deslocando para vestiário
D001-A	13:07	13:21	15	AD02	No vestiário

D001-A	13:22	14:30	69	AD07	Horário de almoço
D001-A	14:31	14:40	10	RP07	Aguardando parar de chover
D001-A	14:41	15:15	35	AD10	Aguardando nova atividade
D001-A	15:16	16:00	45	AD10	observado finalizou atividades do dia
D001-A	16:01	16:30	30	NO02	Perda de fim

Fonte: Pesquisa direta (2022).

A tabela 14 é a principal fonte utilizada para realizar os cálculos do indicado TF. A coluna “DIOU” informa qual medição os dados estão se referindo, a coluna “Hi” apresenta a hora de início da atividade executada e a “Hf” a hora que o observado finalizou a atividade. A coluna “INTERVALO” corresponde a diferença de tempos entre Hf e Hi. Já a coluna “RÓTULO” indica qual rótulo representa a atividade. Finalmente, a coluna “SUBRÓTULO”, corresponde ao campo “OBSERVAÇÕES” do formulário de medição, traz as informações segundo as anotações dos observadores.

O cálculo da TF é realizado para cada dia de observação. Seu cálculo está descrito na equação 1. O tempo produtivo é a soma do intervalo de todos os rótulos do grupo EXECUTANDO, ou seja, todos os rótulos da tabela 13 que começam com EX. O resultado do TF para o dia D001-A pode ser visto a seguir:

$$TF = \frac{239}{541} \times 100$$

$$TF = 44,18\%$$
(6)

A terceira planilha necessária para realizar a correta ligação entre os dados é a LEGENDA, detalhada na tabela 15.

Tabela 15: Planilha Legenda.

RÓTULO	VALIDADE	PRODUTIVO	GRUPO	DESCRIÇÃO
AD01	Observado	Improdutivo	Administrativo	DDS e outras reuniões
AD02	Observado	Improdutivo	Administrativo	Banheiro/vestiário
AD03	Observado	Improdutivo	Administrativo	Rouparia
...				
EX01	Observado	Produtivo	Executando	Executando em campo
EX02	Observado	Produtivo	Executando	Executando em oficina
EX03	Observado	Produtivo	Executando	Operando equipamento
EX06	Observado	Produtivo	Executando	Organizando local de trabalho
...				
NO01	Perda de início	Improdutivo	Não observado	Perda de início
NO02	Perda de fim	Improdutivo	Não observado	Perda de fim
NO03	Absenteísmo	Ignorar	Não observado	Chegar mais tarde ou sair mais cedo

NO04	Absenteísmo	Ignorar	Não observado	Observado Ausente da Samarco
NO05	Observação Perdida	Ignorar	Não observado	Observador ausente

Fonte: Pesquisa direta (2022).

A tabela 15 traz as informações da lista de rótulos ao banco de dados. Com a adição da coluna “VALIDADE”, que informa a característica daquele rótulo e da coluna “PRODUTIVO”, que classifica o rótulo como produtivo, improdutivo ou se deve ser ignorado no cálculo do indicador.

Após adicionar as três planilhas no Microsoft Power BI, onde será criado o indicador, deve-se realizar a correta cardinalidade entre elas. Conforme a figura 19.

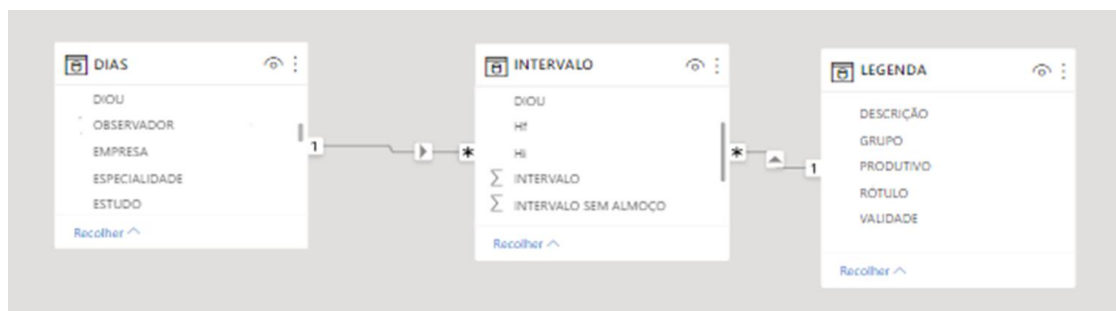


Figura 19: Relação entre as planilhas do banco de dados.

Fonte: Pesquisa direta (2022).

A figura 19 está expondo que a coluna “DIOU” da planilha DIAS está ligada na coluna “DIOU” da planilha INTERVALO através da cardinalidade muitos para um, assim como a coluna RÓTULO da planilha Legenda está ligada à coluna RÓTULOS da planilha INTERVALO também na cardinalidade de muitos para um. Após realizar tais correlações, é possível vincular os dados obtidos de forma correta.

Por fim, o indicador construído no Microsoft Power BI com o resultado geral de todas as 149 observações realizadas pode ser observado na figura a seguir 20.



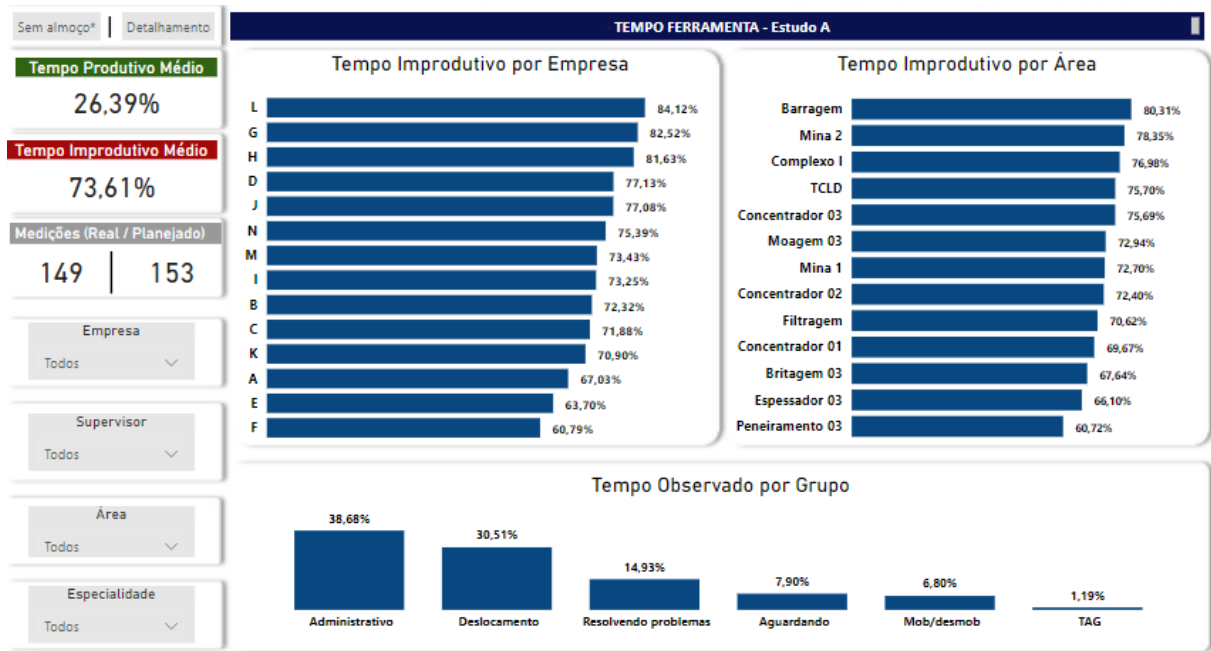


Figura 20: Indicador Tempo Ferramenta da Manutenção  
Fonte: Pesquisa direta (2022).

Através da figura 20, pode-se concluir que a média Tempo Produtivo das 149 medições realizadas foi de 26,39%. Logo, a média Tempo Improdutivo foi de 73,61%. No gráfico do Tempo Improdutivo por Empresa, é possível ver o resultado do indicador de cada empresa. A empresa com maior TF foi a empresa F, já que apresentou o menor Tempo Improdutivo. Enquanto a empresa de menor TF foi a L, já que apresentou 84,12% de Tempo Improdutivo.

Também é possível verificar os valores pelas áreas da empresa. É uma visão importante, já que algumas ações para resolver as improdutividades podem envolver diferentes empresas que atuam na mesma área. O Peneiramento 03 foi a área com maior produtividade, já a Barragem foi a mais improdutiva, com 80,31% de improdutividade.

O terceiro gráfico apresenta apenas os grupos improdutivos, já que o objetivo do indicador é verificar as improdutividades para corrigi-las. O principal grupo improdutivo foi o Administrativo, com 38,68%; seguido do Deslocamento, com 30,51%; Resolvendo Problemas com 14,93%; Aguardando, com 6,80% e TAG com 1,19%.

Surgiu a necessidade de verificar o Indicador observando a jornada de trabalho que não incluía os 60 minutos destinado ao horário de almoço. A partir disso, criou-se uma segunda tela do Indicador, botão “Sem almoço\*”, que apresenta apenas o intervalo do horário de almoço que ultrapasse os 60 minutos. Ou seja, caso o horário de almoço seja menor ou

igual a 60 minutos, não entrará no cálculo do indicador, caso ele seja maior que 60 minutos, estrará no cálculo do indicador apenas o período que excede os 60 minutos. O novo indicador de TF, com os mesmos dados utilizados, alterando apenas esse requisito pode ser observado na figura abaixo 21.

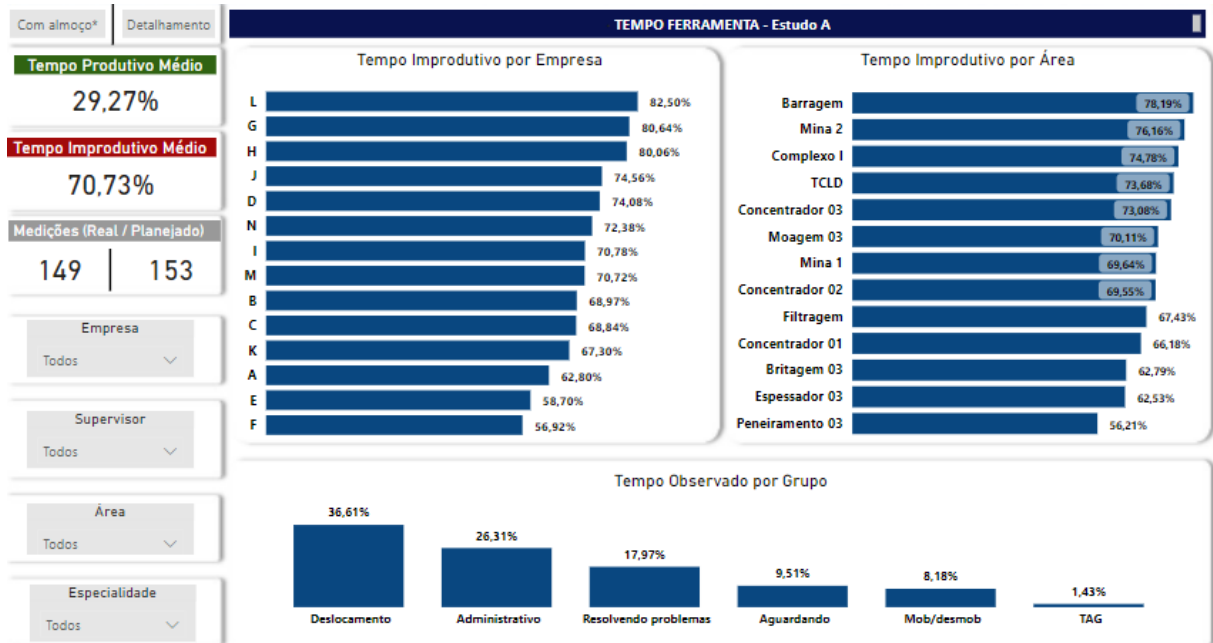


Figura 21: Indicador Tempo Ferramenta da Manutenção Corrigido.  
Fonte: Pesquisa direta (2022).

De acordo com a figura 21, percebe-se o aumento da produtividade. A nova média do Tempo Produtivo para as 149 medições é 29,27%, aumento de 2,88% em relação à figura 22. O percentual de produtividade das empresas também mudou, bem como das áreas. O horário de almoço, rótulo AD07, pertence ao grupo Administrativo. Com isso, tal grupo improdutivo passou a ser o segundo maior, com 26,31 %, redução de 12,37% em relação à figura 20.

O botão “Detalhamento” apresenta os grupos improdutivos e os principais rótulo improdutivos. O detalhamento do indicador TF que considera todo o período de almoço pode ser observado na figura 22.

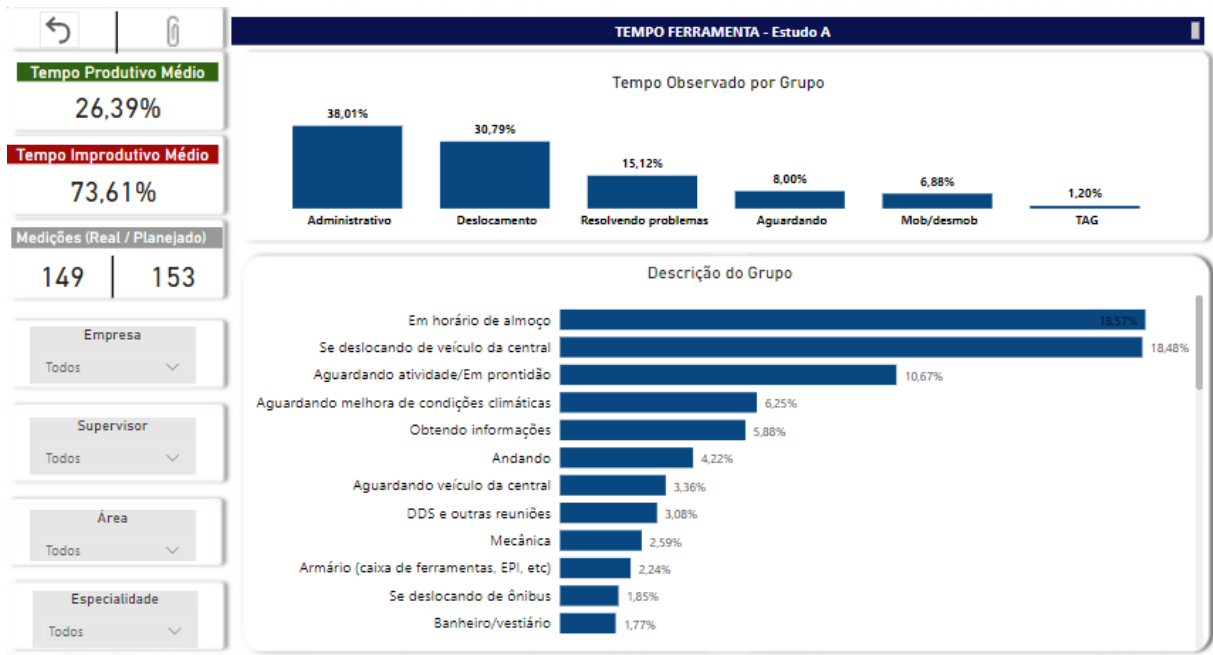


Figura 22: Detalhamento Indicador Tempo Ferramenta da Manutenção.  
Fonte: Pesquisa direta (2022).

Percebe-se através da figura 22, que “Em horário de Almoço” foi o maior rótulo improdutivo de toda a lista de rótulos, com 18,57%. Seguido do rótulo do grupo Deslocamento, o “Se deslocando de veículo da central” com 18,48%. Pelo fato de a empresa não ter interesse em reduzir a jornada de almoço dos trabalhadores e sim corrigir os excessos que ocorrem, o Indicador da figura 23 será o principal abordado nesse trabalho.

O detalhamento corrigido do Indicador TF está apresentado na figura 22.

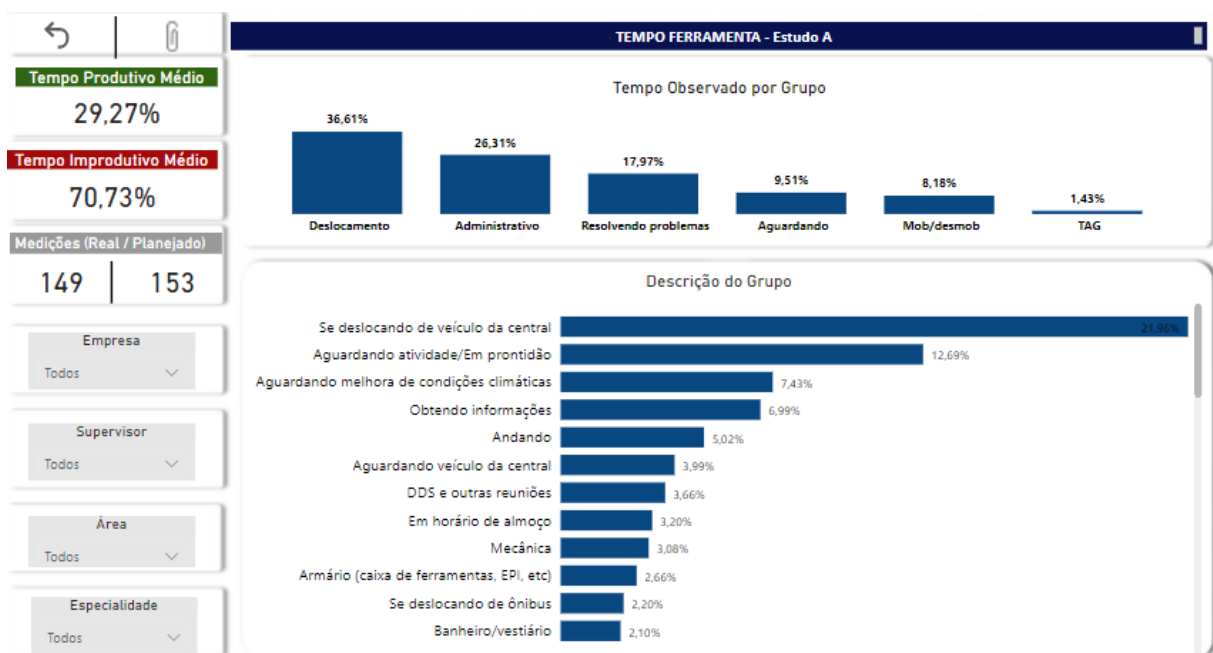


Figura 23: Detalhamento Indicador Tempo Ferramenta da Manutenção Corrigido.  
Fonte: Pesquisa direta (2022).

Segundo a figura 23, o detalhamento corrigido apresenta os principais grupos e rótulos improdutivos que indicam onde pode ser aplicadas as melhorias na produtividade das equipes. Percebe-se que o deslocamento é o principal fator de improdutividade da empresa, mais específico, DE07, o deslocamento de veículo da central. O segundo maior fator de improdutividade, pertence ao grupo Administrativo, o rótulo AD10, “Aguardando atividades/Em prontidão”. O terceiro motivo de improdutividade é do grupo Resolvendo Problemas, RP07, “Aguardando melhoras de condições climáticas”. Verifica-se também, que “Em horário de almoço” aparece em 8º lugar, com 3,20%; valor que representa o tempo excedido ao destinado para essa atividade.

A margem de erro obtida também foi desenvolvida no Microsoft Power BI, seus resultados estão descritos na figura 24.

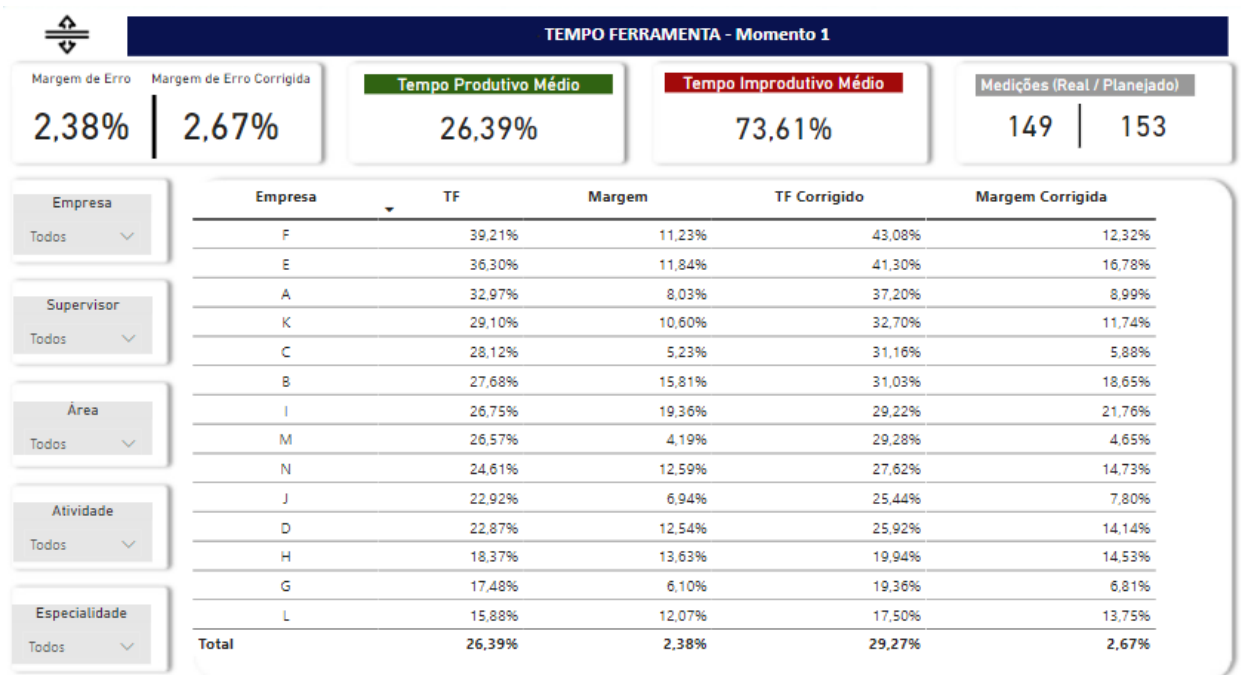


Figura 24: Margens de Erro TF.  
Fonte: Pesquisa direta (2022).

De acordo com a figura 24, percebe-se que há a análise da margem de erro para os resultados do Tempo Ferramenta com e sem a análise do horário do almoço. A margem de erro dos valores TF corresponde a 2,38%, conforme foi mencionado, mesmo realizando apenas 149 medições. Isso ocorreu pelo fato do desvio padrão para os dados do estudo foi de 14,81% que difere da referência utilizada de 17,62. Com isso, o gráfico com a projeção da margem de erro para o número de medições pode ser plotado de acordo com a figura 25.

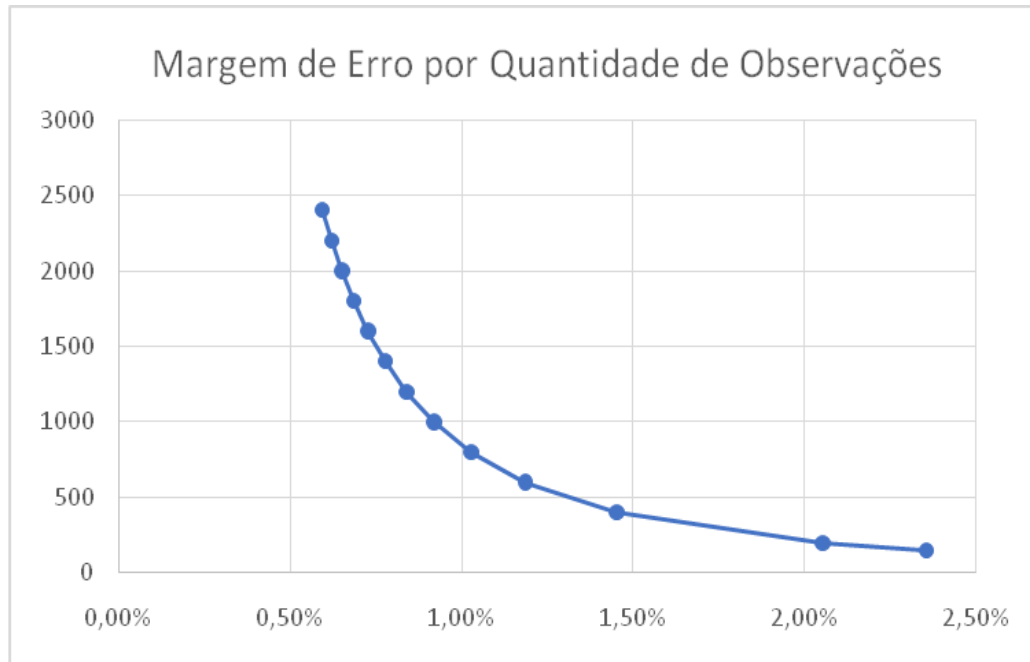


Figura 25: Margem de erro por observações do estudo de produtividade.  
Fonte: Pesquisa direta (2022).

Segundo a figura 25, para obter determinado percentual de margem de erro, o número de observações necessárias será menor do que o apresentado na figura 15.

Os resultados também foram analisados no software Minitab para verificar sua validade, a partir do teste de hipótese, utilizando a análise variância. O *software* realiza os cálculos estatísticos e cumpre as etapas detalhadas no tópico 2.5 do teste de hipótese. Verificou-se os valores das amostras dos seguintes itens: Especialidades, Áreas, Dias da Semana e Observadores.

Para realizar tal análise, cada item deve ser verificado separadamente. Mas as etapas se repetem para todos os itens. Primeiramente, serão avaliadas as Especialidades, as etapas estão descritas a seguir:

Adicionar os valores do Tempo Ferramenta das Especialidades ao Minitab, conforme a figura 26.

Minitab - Sem título

Arquivo Editar Dados Calc Estat Gráfico Visualizar Ajuda Assistente Ferramentas Adicionais

Navegador

Minitab

Abrir Ctrl+O  
Novo projeto Ctrl+Shift+N  
Nova worksheet Ctrl+N

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
	Elétrica	Inspeção	Instrumentação	Lubrificação	Mecânica	Montagem Andaime	Soldagem	Vulcanização					
1	0,539741	0,070240	0,169811	0,065934	0,068266	0,347992	0,321739	0,651765					
2	0,104796	0,356989	0,136784	0,201550	0,427061	0,456175	0,400810	0,594406					
3	0,056985	0,375231	0,203604	0,360748	0,259528	0,441774	0,362454	0,110860					
4	0,457732		0,233393	0,449136	0,083179	0,298279	0,365766	0,321627					
5	0,171904		0,338129	0,401802	0,168297	0,216667	0,569316	0,110057					
6	0,250000		0,697297	0,383333	0,054662	0,377079	0,301294	0,148820					
7	0,251386		0,295495		0,332717	0,169591	0,369686	0,212418					
8	0,198003		0,102703		0,038817		0,289954	0,064815					
9	0,190388		0,381783		0,258780		0,256932						
10	0,343750		0,252252		0,101103		0,243993						
11	0,190299		0,235849		0,046211		0,125641						
12	0,070240		0,288288		0,192237		0,226744						
13	0,123845				0,230337		0,340502						
14	0,422925				0,051896		0,436229						
15	0,184843				0,269871		0,410351						
16	0,654321				0,334566		0,482906						
17	0,094444				0,086876		0,344569						
18	0,317930				0,504621		0,234750						
19	0,343808				0,231054		0,366057						
20	0,207024				0,576854		0,151625						
21	0,311712				0,155268		0,174775						
22	0,431193				0,242206		0,068468						
23	0,275549				0,238447		0,201802						

Worksheet 1

Figura 26: Tempo Ferramenta das Especialidades no Minitab.  
Fonte: Pesquisa direta (2022).

Segundo a figura 26, as especialidades estão detalhadas por coluna. Os valores do tempo ferramenta de cada especialidade está listado em suas respectivas colunas. O próximo passo é selecionar a análise que será feita, a figura 27 ilustra os campos acessados no software.

The screenshot shows the Minitab software interface. The 'Estat' menu is open, and the path 'ANOVA' > 'Um fator...' is selected. Below the menu, a data table is visible with the following structure:

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	Elétrica	Inspecção	Instrumentação	Lubrificação	Mecânica	Montagem Andaime	Soldagem	Vulcanização
1	0,539741	0,070240	0,169811	0,065934	0,068266	0,347992	0,321739	0,651765
2	0,104796	0,356989	0,136784	0,201550	0,427061	0,456175	0,400810	0,594406
3	0,056985	0,375231	0,203604	0,360748	0,259528	0,441774	0,362454	0,110860
4	0,457732		0,233393	0,449136	0,083179	0,298279	0,365766	0,321627
5	0,171904		0,338129	0,401802	0,168297	0,216667	0,569316	0,110057
6	0,250000		0,697297	0,383333	0,054662	0,377079	0,301294	0,148820
7	0,251386		0,295495		0,332717	0,169591	0,369686	0,212418
8	0,198003		0,102703		0,038817		0,289954	0,064815
9	0,190388		0,381783		0,258780		0,256932	
10	0,343750		0,252252		0,101103		0,243993	
11	0,190299		0,235849		0,046211		0,125641	
12	0,070240		0,288288		0,192237		0,226744	
13	0,123845				0,230337		0,340502	
14	0,422925				0,051896		0,436229	
15	0,184843				0,269871		0,410351	
16	0,654321				0,334566		0,482906	
17	0,094444				0,086876		0,344560	

Figura 27: Seleção dos campos para análise no Minitab.

Fonte: Pesquisa direta (2022).

De acordo com a figura 27, para analisar os dados, deve-se selecionar o campo “Estat”. Em “Estat” a selecionar “ANOVA” e por fim “Um fator”, que irá determinar se as médias de dois ou mais grupos diferem.

A figura 28 indica a próxima etapa a ser executada.

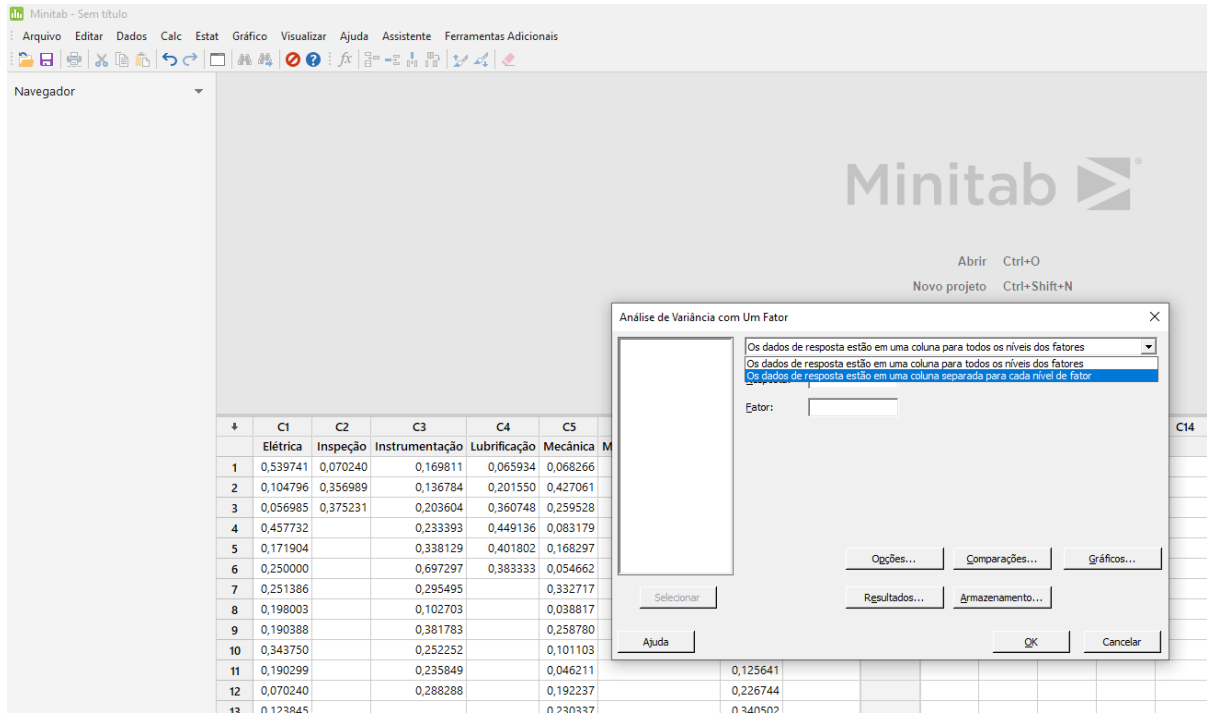


Figura 28: Especificação da estrutura dos dados.  
Fonte: Pesquisa direta (2022).

Conforme a figura 28 apresenta, é necessário selecionar dentro do quadro de Análise de Variância com um fator a forma como os dados estão estruturados. No caso do estudo, é preciso indicar que os dados estão em colunas separadas para nível de fator. Feito isso, a imagem 29 ilustra como ficará a visualização.

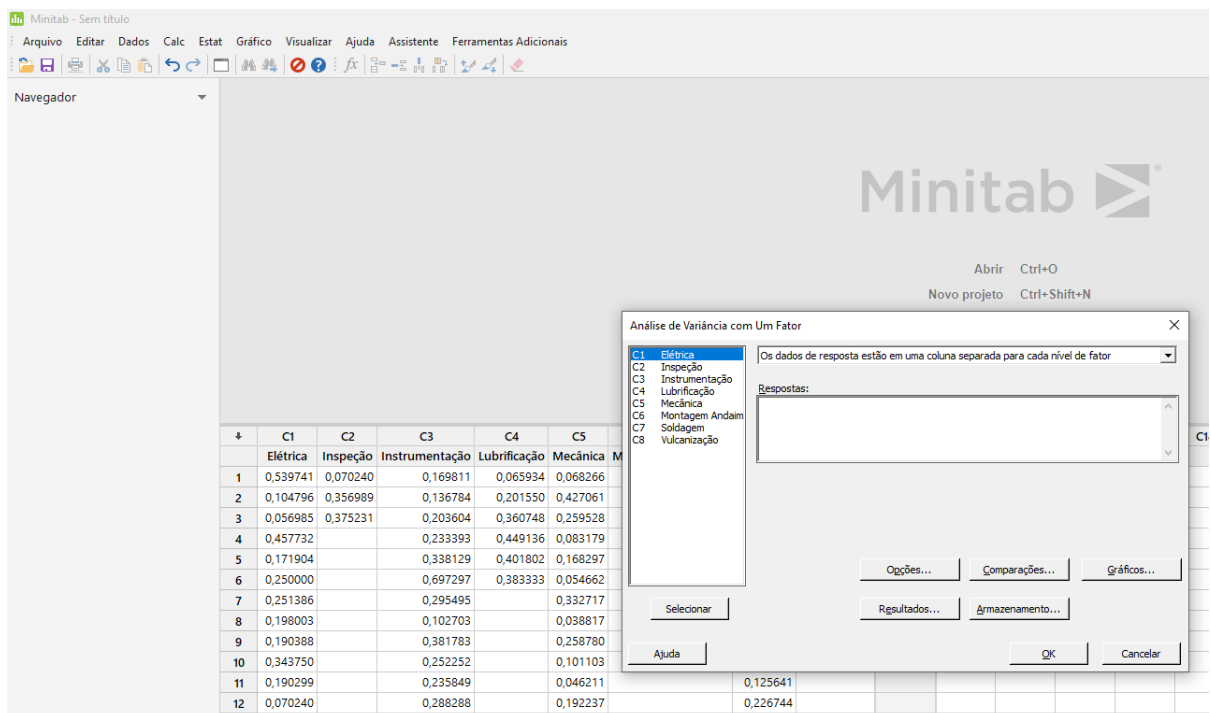


Figura 29: Selecionar Resposta no Minitab.



Fonte: Pesquisa direta (2022).

Na figura 29, é possível observar que as especialidades estão disponíveis para seleção. Deverá clicar sobre uma especialidade e em seguida clicar em “Selecionar”. Com isso, a especialidade selecionada irá para o campo “Respostas:”. Todas as especialidades selecionadas estão apresentadas na figura 30.

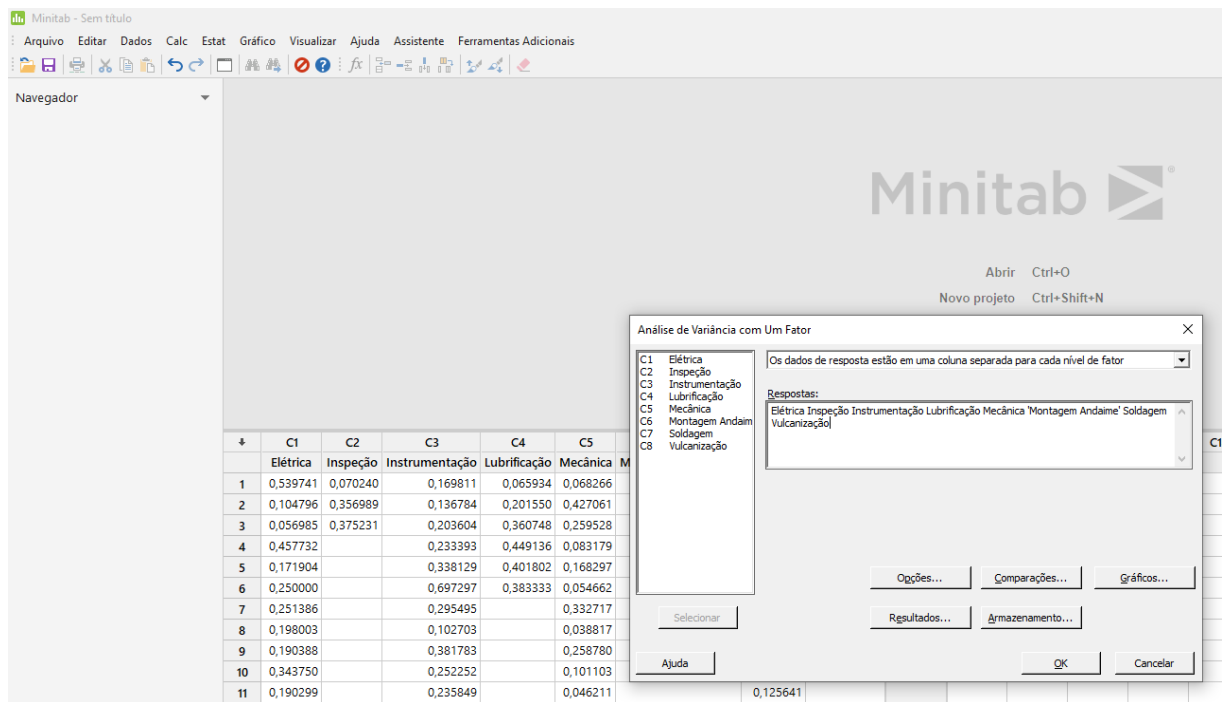


Figura 30: Especialidades selecionadas no Minitab.

Fonte: Pesquisa direta (2022).

A figura 30 apresenta a última etapa antes do Minitab realizar a análise estatística. Com todos os itens selecionados, basta clicar em “OK” e o software realizará os cálculos necessário e apresentará o resumo dos mesmos, conforme está apresentado na figura 31.

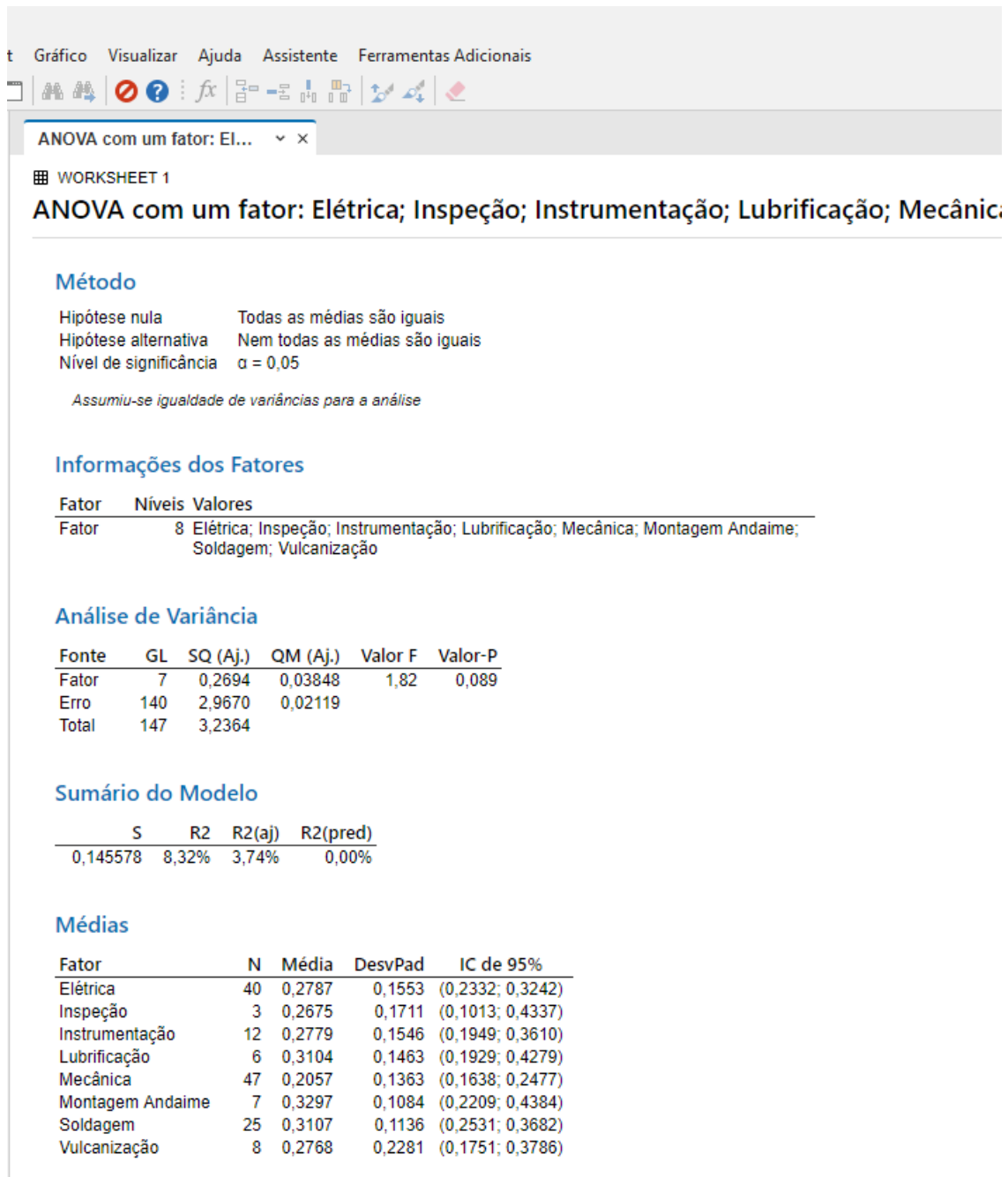


Figura 31: Resultado da análise estatística para Especialidades.  
 Fonte: Pesquisa direta (2022).

A partir da figura 31 é possível verificar em “Método” a descrição da hipótese nula ( $H_0$ ) e alternativa ( $H_1$ ) e o intervalo de confiança ou nível de significância  $\alpha$ . Relacionando-os com o resultado da Análise de Variância, esses dados expressam a seguinte conclusão:

- Se valo-p for menor ou igual ao nível de significância (0,05), rejeita-se a hipótese nula. Logo, nem todas as médias são iguais.
- Se valo-p for maior que o nível de significância (0,05), aceita-se a hipótese nula. Logo, todas as médias são iguais.

Foi realizado o mesmo procedimento para Áreas, Dias da Semana e Observadores. A conclusões obtidas estão na tabela 16.

Tabela 16: Valor-p de cada item.

<b>Item</b>	<b>Valor-p</b>	<b>Resultado</b>
Especialidades	0,089	Não há diferença estatística entre as amostras
Áreas	0,357	Não há diferença estatística entre as amostras
Dias da Semana	0,297	Não há diferença estatística entre as amostras
Observadores	0,088	Não há diferença estatística entre as amostras

Fonte: Pesquisa direta (2022).

A tabela 16 informa o valor-p de cada item, bem como o resultado do teste de hipótese. Como o valor-p de cada item foi maior que o nível de significância, aceitou-se as hipóteses nulas.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 Conclusão

O estudo criou a ferramenta para avaliar a produtividade da equipe de manutenção de uma empresa do setor de mineração, de modo a identificar cursos de ação para reduzir os motivos de improdutividades. A pesquisa bibliográfica das técnicas de análise de produtividade identificou o *Work Activity Analysis* através do estudo de tempos e movimentos como a que melhor se aplica ao estudo da produtividade da equipe de execução da manutenção.

Os objetivos propostos podem ser considerados atendidos na avaliação das técnicas disponíveis para estudo de produtividade da manutenção, sendo propostos direcionamentos para a etapa de aplicação da técnica no estudo de tempos de manutenção no terminal de minério.

De acordo com a pergunta formulada neste trabalho “Como medir a produtividade da equipe de manutenção de uma empresa mineradora e implementar o indicador tempo ferramenta?” conclui-se que o estudo apresentou resultados satisfatórios, pois ficou evidente os seguintes pontos:

- Foi preciso o local onde será aplicado o indicador e a população a ser estudada;
- Realizou-se a correta amostragem da população, com base na margem de erro e número de observações;
- Padronizou-se as atividades consideradas produtivas e improdutivas;
- Foi escolhida e treinada a equipe de medição para obter resultados padronizados;
- Criou-se um banco de dados através do Microsoft Excel, para facilitar as análises e criação de visualizações dos dados;
- Utilizou-se o Microsoft Power BI para criação do indicador e visualização dos principais pontos de improdutividade.
- Apresentou-se a análise das improdutividades nas diferentes empresas e das áreas.

Conforme foi detalhado no resultado do indicador, os principais fatores de improdutividade Deslocamento, 36,61%; Administrativo 26,31% e Resolvendo Problemas

17,97% que já somam 80,89% das improdutividades. Por isso são os principais pontos que a empresa deve procurar solucionar.

## **5.2 Recomendações**

A partir do trabalho realizado, recomendam-se os seguintes trabalhos futuros:

- Criação do Plano de Ação para atuar nas improdutividades encontradas para executar todas as melhorias propostas e coletar seus resultados com base na teoria apresentada;
- Aplicar este estudo nos demais setores da empresa, principalmente nas oficinas de outras frotas de máquinas, para obter um melhor entendimento da dinâmica do tempo laboral de cada equipe e otimizar seus processos;
- Aplicação dos tempos mapeados no Estudo de Produtividade para verificar o impacto dos custos gerados pelas improdutividades na manutenção.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABRAMAN – **Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos. A situação da Manutenção no Brasil:** Documento Nacional. Salvador: ABRAMAN. 2013.

ALMEIDA, M.T. **Manutenção Mecânica Industrial.** São Paulo: Erica 2014.

AMORIM, S. **Medição de produtividade na manutenção,** Apostila do 3º curso de pós-graduação em engenharia de manutenção. Vitória, UFES, 2003

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade.** Rio de Janeiro, p. 37. 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 55000: Gestão de Ativos – Visão geral, princípios e terminologia.** Rio de Janeiro, p. 85. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 55002: Gestão de Ativos – Sistema de gestão.** Rio de Janeiro, p. 85. 2020.

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida de trabalho.** 6. Ed. São Paulo: Blucher 1977.

BRANCO FILHO, Gil. **Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda. 1996.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: método qualitativo, quantitativo e misto.** 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

DEMING, W. Edwards. **O método Deming de Administração.** 1ª ed. São Paulo: Marques Saraiva. 1986.

FLOGIATTO, F. S.; RIBEIRO J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial.** Elseiver. Rio de Janeiro. 2009.

GREGÓRIO, Gabriela. **Engenharia de Manutenção.** SagahEducação S.A. 2018.

HUPP, Fabrício. **Estudo de caso: Aumento do Tempo Ferramenta da Mnutenção na Samarco.** ABRAMAN, 2021.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Gestão de Ativos.** 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2014.

- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 361 p.
- Krugman, Paul. **Defining and Measuring Productivity**. *OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development)*. [Online] 1994. <https://www.oecd.org/sdd/productivity-stats/40526851.pdf>.
- LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica 1**. 5. ed. - São Paulo: Atlas 2003.
- LARSON, Ron. **Estatística aplicada**. 2. Ed. São Paulo: Pearson, 2004.
- MILHOMEM et al. **Aplicação do estudo de tempos e movimentos para fins de melhorias no processo produtivo de uma fábrica de cerâmica vermelha**. In: Enegep – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, v.01, p.1- 15,2015.
- MONCHY, F. **A Função Manutenção: Formação para a Gerência da Manutenção Industrial**, Ebras/Durban. 1987PINTO, A. K. e XAVIER, J. A. N. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- NEPOMUCENO, L.X. **Técnicas de manutenção preditiva** – 1. ed, 1989.
- OLIVEIRA, M. **Análise de métodos estatísticos em planejamento e controle de manutenção**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2014.
- REZENDE, Denis A. **Planejamento estratégico público ou privado**. 3. ed. Atlas, 2015.
- ROBLES, Leo. **Aplicação de técnicas de medição da produtividade da manutenção em portos: Ocaso do Porto de Tubarão (ES) da Vale**. 2011
- SELEME, Robson. **Manutenção industrial: mantendo a fábrica em funcionamento**. Curitiba: InterSaberes, 2015.
- SOUTO, M. S. M. Lopes. **Apostila de Engenharia de métodos**. Curso de especialização em Engenharia de Produção – UFPB. João Pessoa. 2002.
- SMITH, R. **Tool Box Talk – Wrench Time Study**. Charleston: GP Allied, 2012.
- TALAMO, J. Roberto. **Engenharia de métodos: o estudo de tempos e movimentos**. 1. ed. Curitiba: InterSaberes, 2016.
- VIANA, Herbert. **Manual de Gestão da Manutenção**.1. ed. – Brasília : Engeteles 2020.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM, Planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Quality mark, 2002.

VIANA, Herbert. **Fatores de sucesso na gestão da manutenção de ativos** – Rio de Janeiro: Bookstar, 2016.

XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. **Indicadores de Manutenção**. Minas Gerais, 2011.

WALPOLE, R. **Probabilidade e estatística para engenharia e ciências** – São Paulo: Pearson, 2009.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**, EGD Editora, 1998



## ANEXO

<b>N°</b>	<b>Empresa</b>	<b>Especialidade</b>	<b>Observado</b>	<b>Aleatório</b>
3	A	Montagem de Andaime	AM3	0,989404191
131	M	Elétrica	ME1	0,985606968
61	F	Elétrica	EE3	0,981726012
140	M	Elétrica	ME1	0,98046223
65	G	Instrumentação	GI3	0,970279048
139	M	Elétrica	ME3	0,9675808
138	M	Elétrica	ME2	0,96207077
135	M	Elétrica	ME2	0,960316964
66	G	Instrumentação	GI1	0,958300179
144	M	Elétrica	ME2	0,955086779
1	A	Montagem de Andaime	AM1	0,953714567
75	H	Elétrica	HE1	0,951653765
20	C	Mecânica	CM1	0,928035505
50	D	Elétrica	DE1	0,927985386
89	J	Elétrica	JE3	0,926966051
103	M	Mecânica	MM1	0,925600144
85	J	Elétrica	JE2	0,923530447
32	C	Soldagem	CS2	0,905075909
132	M	Elétrica	ME2	0,897952323
35	C	Soldagem	CS2	0,896729842
104	M	Mecânica	MM2	0,89101356
112	M	Mecânica	MM1	0,884177155
70	G	Instrumentação	GI2	0,87287221
42	C	Soldagem	CS3	0,857017135
12	B	Vulcanização	BV2	0,833825619
7	A	Montagem de Andaime	AM1	0,828714531
80	J	Mecânica	JM2	0,827491091
59	F	Elétrica	EE1	0,816338249
6	A	Montagem de Andaime	AM3	0,812778329
43	C	Soldagem	CS1	0,811555498
2	A	Montagem de Andaime	AM2	0,810746526
33	C	Soldagem	CS3	0,797771832
27	C	Soldagem	CS3	0,796773455
133	M	Elétrica	ME3	0,796618517
153	N	Elétrica	NE1	0,788230617
53	E	Elétrica	EE1	0,788013109
22	C	Soldagem	CS1	0,77895869
122	M	Mecânica	MM2	0,776908319

86	J	Elétrica	JE3	0,775272037
67	G	Instrumentação	GI2	0,774501946
93	K	Lubrificação	KL1	0,770529125
91	K	Lubrificação	KL2	0,770374225
109	M	Mecânica	MM1	0,767303151
118	M	Mecânica	MM1	0,743277183
39	C	Soldagem	CS3	0,735279666
125	M	Soldagem	MS3	0,71033187
64	G	Instrumentação	GI2	0,709552704
71	G	Instrumentação	GI3	0,705603463
90	K	Lubrificação	KL1	0,676483197
107	M	Mecânica	MM2	0,666916588
141	M	Elétrica	ME2	0,647872039
56	F	Elétrica	EE1	0,642571427
76	I	Inspeção	II1	0,642507684
77	I	Inspeção	II2	0,640883432
38	C	Soldagem	CS2	0,636152057
55	F	Elétrica	EE3	0,63534842
47	D	Elétrica	DE1	0,620214187
25	C	Soldagem	CS1	0,605932965
24	C	Soldagem	CS3	0,599722191
129	M	Soldagem	MS1	0,59900646
82	J	Soldagem	JM2	0,596994569
126	M	Soldagem	MS1	0,589146658
95	K	Lubrificação	KL3	0,588736153
14	B	Vulcanização	BV1	0,586154848
120	M	Mecânica	MM3	0,579013154
21	C	Mecânica	CM2	0,574106138
69	G	Instrumentação	GI1	0,564434107
98	M	Mecânica	MM2	0,553185063
5	A	Montagem de Andaime	AM2	0,55148087
17	C	Mecânica	CM1	0,547989931
72	G	Instrumentação	GI1	0,543242595
19	C	Mecânica	CM3	0,541111857
48	D	Elétrica	DE2	0,535358976
105	M	Mecânica	MM3	0,528422933
68	G	Instrumentação	GI3	0,526622635
46	C	Soldagem	CS1	0,524620294
110	M	Mecânica	MM2	0,522972523
115	M	Mecânica	MM1	0,508610301
23	C	Soldagem	CS2	0,507547122
121	M	Mecânica	MM1	0,501956249
11	B	Vulcanização	BV1	0,489412894
58	F	Elétrica	EE3	0,479486668
29	C	Soldagem	CS2	0,474043703

87	J	Elétrica	JE1	0,471959808
136	M	Elétrica	ME3	0,457817812
79	J	Mecânica	JM1	0,457319158
34	C	Soldagem	CS1	0,453174422
16	B	Vulcanização	BV3	0,430323002
40	C	Soldagem	CS1	0,42579445
44	C	Soldagem	CS2	0,423664419
143	M	Elétrica	ME1	0,422806739
60	F	Elétrica	EE2	0,415739655
84	J	Elétrica	JE1	0,409360004
116	M	Mecânica	MM2	0,403460585
102	M	Mecânica	MM3	0,402811386
31	C	Soldagem	CS1	0,394689345
52	E	Mecânica	EM2	0,393239839
123	M	Soldagem	MS1	0,389497577
4	A	Montagem de Andaime	AM1	0,37712433
74	H	Mecânica	HM2	0,37439319
83	J	Soldagem	JM3	0,372883163
130	M	Soldagem	MS2	0,372838935
10	B	Vulcanização	BV3	0,364401648
88	J	Elétrica	JE2	0,357996882
149	N	Mecânica	NM3	0,351617735
150	N	Elétrica	NE1	0,342918869
37	C	Soldagem	CS1	0,335554654
100	M	Mecânica	MM1	0,33264272
45	C	Soldagem	CS3	0,31153424
99	M	Mecânica	MM3	0,301818986
137	M	Elétrica	ME1	0,295862054
30	C	Soldagem	CS3	0,286546436
142	M	Elétrica	ME3	0,286466417
148	N	Mecânica	NM2	0,26884743
57	F	Elétrica	EE2	0,254316102
127	M	Soldagem	MS2	0,24584957
9	B	Vulcanização	BV2	0,243020628
151	N	Elétrica	NE2	0,231473856
101	M	Mecânica	MM2	0,228807791
119	M	Mecânica	MM2	0,220576439
13	B	Vulcanização	BV3	0,217370236
78	I	Inspeção	I13	0,208261346
97	M	Mecânica	MM1	0,201083664
49	D	Elétrica	DE3	0,176877391
114	M	Mecânica	MM3	0,169264153
124	M	Soldagem	MS2	0,155752018
73	H	Mecânica	HM1	0,146261876
18	C	Mecânica	CM2	0,144777314

106	M	Mecânica	MM1	0,142119786
92	K	Lubrificação	KL3	0,13985226
28	C	Soldagem	CS1	0,135985001
41	C	Soldagem	CS2	0,121709436
96	L	Elétrica	LE1	0,10314306
8	B	Vulcanização	BV1	0,09361739
113	M	Mecânica	MM2	0,092673449
63	G	Instrumentação	GI1	0,091793678
134	M	Elétrica	ME1	0,078201002
146	M	Instrumentação	MI2	0,077589785
15	B	Vulcanização	BV2	0,076619383
147	N	Mecânica	NM1	0,067421997
36	C	Soldagem	CS3	0,060874913
128	M	Soldagem	MS3	0,05429535
26	C	Soldagem	CS2	0,047302308
152	N	Elétrica	NE3	0,046155926
94	K	Lubrificação	KL2	0,039044355
108	M	Mecânica	MM3	0,038458658
145	M	Instrumentação	MI1	0,03617931
51	E	Mecânica	EM1	0,034351535
62	G	Elétrica	GE1	0,02844251
111	M	Mecânica	MM3	0,026453188
117	M	Mecânica	MM3	0,026272539
54	F	Elétrica	EE2	0,017167898
81	J	Soldagem	JM1	0,008990715