



**INSTITUTO  
FEDERAL**  
Amazonas

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS  
CAMPUS MANAUS CENTRO  
DEPARTAMENTO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS  
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**DONALDO BARRETO BARREIROS**

**PROPOSTA DE CONTROLE DE SUBSTITUIÇÃO E MANUTENÇÃO PARA  
LEVANTAMENTO DE DADOS DA VIDA ÚTIL DA DUMMY SIM CARD  
(COMPONENTE QUE SIMULA A VERIFICAÇÃO DA COMUNICAÇÃO ENTRE O  
APARELHO E O SERVIÇO DE TELEFONIA MÓVEL)**

**MANAUS, 2023**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS  
CAMPUS MANAUS CENTRO  
DEPARTAMENTO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS  
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**DONALDO BARRETO BARREIROS**

**PROPOSTA DE CONTROLE DE SUBSTITUIÇÃO E MANUTENÇÃO PARA  
LEVANTAMENTO DE DADOS DA VIDA ÚTIL DA DUMMY SIM CARD  
(COMPONENTE QUE SIMULA A VERIFICAÇÃO DA COMUNICAÇÃO ENTRE O  
APARELHO E O SERVIÇO DE TELEFONIA MÓVEL)**

Projeto de pesquisa apresentado à unidade curricular de Trabalho de Conclusão de Curso, submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – Campus Manaus Centro, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof.(a) MARISOL ELIAS DE BARRO PLACIDO

**MANAUS, 2023**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo estrutural do Diagrama de Ishikawa.....	13
Figura 2 - Layout da linha de montagem e testes de aparelhos celulares com destaque para a JOT G3 .....	26
Figura 3- JOT G3.....	26
Figura 4-PSP – Base de suporte para inserção .....	27
Figura 5 -Dummy Sim Card .....	27
Figura 6-Fluxograma atual de substituição de Dummies .....	28
Figura 7 - Diagrama de Ishikawa .....	29
Figura 8- Cartão de registro de tempo proposto .....	30
Figura 9 - Formulário de entrega de Dummy .....	34
Figura 10 - Tela da JOT G3 .....	35
Figura 11 - Aparelho posicionado no PSP.....	35
Figura 12 - Dummy inserida no aparelho.....	36
Figura 13 - Processo de substituição/solicitação de Dummy proposto .....	37

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Top 5 Falhas no mês de Abril.....	31
Gráfico 2 - Quantidade de Dummies trocadas por equipamento em cada mês.....	31
Gráfico 3- Quantidade de Dummies usadas por mês .....	32

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. JUSTIFICATIVA .....	8
3 OBJETIVOS.....	9
3.1 OBJETIVO GERAL.....	9
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
5 METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	22
5.1 PROCEDIMENTO METODOLÓGICOS.....	22
5.2 DEFINIÇÃO DA ARÉA .....	22
5.3 PLANO DE COLETA DE DADOS .....	23
5.4 PLANO DE ANÁLISE DOS DADOS.....	23
6 RESULTADOS.....	25
6.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO.....	25
6.2 PROCESSO ATUAL DE SUBSTITUIÇÃO/SOLICITAÇÃO DA DUMMY .....	28
6.3 ANÁLISE DA FALHA.....	28
6. 5 LEVANTAMENTO DE DADOS.....	30
6.6 PROCEDIMENTO DE SOLICITAÇÃO DE DUMMY SIM NO SPARE PARTS .....	34
6.7 PROCEDIMENTO DE VALIDAÇÃO APÓS A TROCA PROPOSTO .....	35
6.8 PROCESSO DE SUBSTITUIÇÃO/SOLICITAÇÃO PROPOSTO .....	36
7 CONCLUSÃO.....	38
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39

## RESUMO

De acordo com Oliveira (2008), a minimização das perdas e dos custos nos processos produtivos é essencial para manter a competitividade das organizações. Nesse contexto, é de extrema importância reduzir ao máximo a indisponibilidade do equipamento estudado e as perdas de produtividade decorrentes do uso da Dummy SIM card. Com base nisso, o presente estudo propõe soluções para obter dados confiáveis na análise da vida útil desse componente fundamental nas máquinas de teste de aparelhos celulares, que desempenha um papel crucial na verificação da comunicação entre o aparelho e o serviço Móvel Pessoal (SMP), tornando os testes mais eficientes e reduzindo custos.

Para alcançar esse objetivo, o estudo possui três objetivos específicos. Primeiramente, busca-se coletar dados sobre a taxa de falhas em relação a Dummy sim card. Em seguida, pretende-se identificar as principais causas dessas falhas. Por fim, propõem-se ferramentas e melhorias nos processos de produção e manutenção do componente.

A metodologia adotada para a análise da confiabilidade envolve uma revisão bibliográfica aprofundada sobre o tema, com foco nos aspectos relevantes ao objeto deste estudo. Além disso, serão realizadas análises estatísticas com base nos dados coletados pelo sistema MQS (Monitoramento da Qualidade em Serviço), que permite a coleta e análise em tempo real das taxas de falhas e do desempenho do componente em uso.

Uma contribuição significativa para a análise da confiabilidade será a implementação de um cartão de registro de tempo, que rastreará a data e a hora da substituição da Dummy SIM card, além de registrar outras atividades de manutenção e reparo, fornecendo um histórico documentado das atividades executadas. Adicionalmente, será estabelecido um sistema de solicitação de substituição de Dummy, no qual a troca será dada mediante autorização. Além disso, será implementado um procedimento de validação após sua troca.

Dessa forma, a proposta de controle de substituição e manutenção para levantamento de dados da vida útil do componente consiste em implementar um sistema eficiente que permita rastrear e registrar as trocas e a manutenção realizadas. Essa abordagem visa coletar dados precisos e relevantes sobre a frequência de substituição, bem como identificar padrões ou problemas recorrentes que possam afetar sua vida útil.

Palavras-chaves: Dummy sim card, vida útil, teste de aparelhos celulares

## 1. INTRODUÇÃO

Os telefones celulares transformaram a maneira como vivemos, trabalhamos e nos conectamos. Conforme previsto por (AHONEN apud FLING 2009, tradução livre), esses dispositivos impactariam significativamente o cotidiano das pessoas, graças à sua multifuncionalidade. Para garantir a qualidade e a funcionalidade dos celulares, as máquinas de testes desempenham um papel fundamental. Na indústria de montagem de aparelhos celulares, um equipamento amplamente utilizado para esses testes é conhecido como JOT G3 que possui um componente essencial que é a base deste estudo, a Dummy sim card, utilizada para identificar e autenticar o aparelho na rede de telefonia móvel.

Este componente é uma solução eficiente para evitar a utilização de cartões SIM reais, já que eles precisariam ser trocados constantemente para testar diferentes operadoras e cenários. Dessa forma, a avaliação da confiabilidade da Dummy é crucial para garantir a qualidade dos testes realizados em aparelhos celulares antes de serem comercializados.

Neste estudo, será realizada uma análise para identificar possíveis melhorias no projeto e nos processos de produção e manutenção, bem como definir estratégias de manutenção e substituição que maximizem a vida útil do componente estudado, e minimizem os custos de manutenção. Para isso, será utilizada uma metodologia de coleta de dados baseada em um sistema MQS (Monitoramento da Qualidade em Serviço), que permite a coleta e análise de dados em tempo real sobre a taxa de falhas e desempenho do componente em uso associado a proposta da criação de um cartão de registro de tempo e a implementação de sistema de solicitação e validação de substituição.

Este trabalho está dividido em: justificativa, objetivos, revisão bibliográfica, métodos, resultados e conclusão. A justificativa destaca a relevância do estudo, enquanto os objetivos definem as metas a serem alcançadas. A revisão bibliográfica analisa os fundamentos da vida útil do item estudado. Os métodos descrevem as etapas da pesquisa, os resultados são apresentados e discutidos, e a conclusão resume as principais descobertas e contribuições. Essa estrutura abrangente fornece uma abordagem completa do estudo da vida útil da Dummy sim card.

## **2. JUSTIFICATIVA**

A falta de Dummies sim card disponíveis para substituição na empresa foi o motivo central que impulsionou este estudo. Essa situação gerou atrasos nos testes, interrupção na produção e prejuízos financeiros.

É amplamente reconhecido que a vida útil de um produto de engenharia desempenha um papel fundamental em sua confiabilidade e eficiência ao longo do tempo. Especialmente nos testes rigorosos em aparelhos celulares, é essencial considerar a durabilidade desse componente, pois diversos fatores podem afetar seu desempenho. A análise da confiabilidade do item estudado é crucial para avaliar sua capacidade de operação consistente, conforme destacado por Dodson e Schwab (2006).

Portanto, com esse estudo será possível identificar oportunidades de melhoria no projeto, produção e manutenção da Dummy SIM card, buscando levantar dados que ajude a entender e maximizar sua vida útil, aprimorar sua confiabilidade e reduzir as falhas nos procedimentos de teste.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver um controle de substituição e manutenção eficiente para a Dummy sim card, a fim de obter dados relevantes sobre sua vida útil

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Coletar dados sobre a taxa de falhas relacionadas à Dummy sim card em um período específico.

Identificar as principais causas das falhas do componente estudado, por meio da análise de dados históricos de falhas

Criar ferramentas e métodos para coletar dados confiáveis

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como objetivo realizar uma análise multidisciplinar dos principais fundamentos do estudo da vida útil da Dummy sim card. Será realizada uma revisão bibliográfica para investigar a relação entre confiabilidade e análise de falhas, destacando a integração dessas duas áreas e ressaltando ferramentas da qualidade frequentemente utilizadas nesse contexto.

Em seguida, será estabelecido um paralelo entre o estudo da confiabilidade e as estratégias de manutenção. Serão exploradas as formas como a confiabilidade influencia as decisões e ações de manutenção, considerando a importância de garantir a disponibilidade e o desempenho adequado dos sistemas. Será abordada, também, a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), uma abordagem que visa direcionar os esforços de manutenção para os componentes e sistemas mais críticos em termos de confiabilidade.

Ao longo deste capítulo, serão discutidos os conceitos-chave, as metodologias e as práticas utilizadas no estudo da vida útil do componente da JOT G3 estudado, proporcionando uma compreensão aprofundada das questões relacionadas à confiabilidade, análise de falhas, estratégias de manutenção e MCC.

### 4.1 CONFIABILIDADE

"A credibilidade de um produto, sistema e/ou equipamento está diretamente relacionada ao conceito de confiabilidade". Essa afirmação é abordada por Magalhães e Mainieri (2002) em seu livro "Operação sem riscos", no qual discutem a importância de avaliar estatisticamente a probabilidade de falha de um determinado equipamento. Através de uma análise prévia de confiabilidade em um projeto, são identificadas ações necessárias para garantir uma alta confiabilidade ao mesmo, uma vez que, após a fase de projeto, as oportunidades de melhoria da confiabilidade em curto prazo são limitadas. Para alcançar um projeto com baixo índice de falhas, é fundamental realizar uma análise detalhada de confiabilidade. Essa análise, ao estudar as causas básicas das falhas, torna-se uma ferramenta útil para solucionar problemas crônicos, fornecendo parâmetros para a tomada de decisões". (Magalhães & Mainieri, 2002, p. X)

Segundo O'Connor (1991), o conceito de confiabilidade como uma probabilidade significa que qualquer esforço a fim de quantificá-la requer a utilização de métodos estatísticos. A confiabilidade compreende o estudo sobre as falhas que podem ocorrer com o produto durante o seu ciclo de vida, ou seja, não é um simples cálculo da taxa ou probabilidade de um

componente falhar, mas sim a procura, análise, validação e correção de todas as falhas que podem ocorrer com o produto.

Para O'Connor e Kleyner (2012), notáveis pesquisadores da área, a confiabilidade é o estudo sobre as falhas que podem advir sobre um produto ao longo do seu ciclo de vida ou sobre um processo ao longo do seu trilha de funcionamento. O autor ainda defende que tal estudo envolve desde a fase de detecção de falhas e mensuração dos seus níveis, até o estágio de controle delas.

#### 4.1.1 FALHA NA CONFIABILIDADE

Falha na confiabilidade é definida como a incapacidade de um produto, sistema ou equipamento cumprir sua função conforme exigido. Essa definição foi citada por Magalhães e Mainieri (2002) em seu trabalho intitulado "Operação sem riscos", que aborda questões relacionadas à qualificação básica de operadores e é publicado pela Petrobras em colaboração com o SENAI/DN. O conceito de falha na confiabilidade destaca a importância de garantir que os produtos e sistemas sejam capazes de desempenhar suas funções de maneira confiável e consistente, sem comprometer a segurança e a eficiência operacional.

#### 4.1.2 TAXA DE FALHAS

Segundo Magalhães e Mainieri (2002), a taxa de falhas é um indicador que representa a frequência com que as falhas ocorrem em um determinado período, sendo medida pelo número de falhas ocorridas nesse período. Geralmente, a taxa de falha é representada pelo símbolo  $\lambda$ . A taxa de falhas é um parâmetro importante para a análise e monitoramento da confiabilidade de produtos, sistemas ou equipamentos, permitindo identificar e avaliar a frequência com que ocorrem falhas ao longo do tempo.

#### 4.1.3 TEMPO MÉDIO ENTRE FALHAS (TMEF)

Normalmente, para se medir confiabilidade de equipamentos, se utiliza tempo médio entre falhas (TMEF – em inglês Mean Time Between Failures, MTBF), o TMEF é definido pelo inverso da taxa de falhas multiplicado pelo número de equipamentos e o período:

Equação 1 - Tempo médio entre falhas

$$TMEF = \frac{Neq * P}{\lambda}$$

Fonte: Magalhães e Mainieri (2002)

Onde:

Neq – Número de equipamentos

P - Período

$\lambda$  – Número de falhas / Intervenções

## 4.2 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Nesta direção, existem ferramentas que se apresentam como importantes técnicas de confiabilidade voltadas para a análise de falhas, e são muito utilizadas no contexto da engenharia de produto e da engenharia de manutenção.

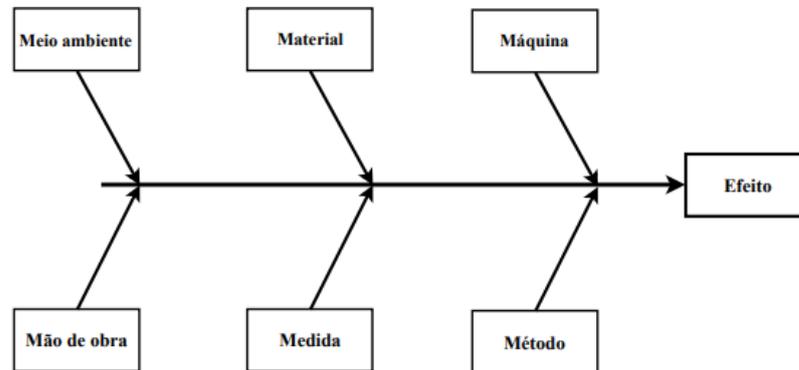
### 4.2.1 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama de Espinha de Peixe, é uma ferramenta de análise utilizada para identificar e visualizar as possíveis causas de um problema ou efeito indesejado.

Segundo Kaoru Ishikawa, o criador do diagrama, essa ferramenta tem o objetivo de permitir uma análise estruturada das causas que podem contribuir para um determinado efeito ou problema. O diagrama é composto por um eixo horizontal, que representa o problema ou efeito a ser investigado, e por ramos, semelhantes a espinhas de peixe, que representam diferentes categorias de causas potenciais. Essas categorias podem variar de acordo com o contexto do problema, mas geralmente incluem aspectos como "Mão de obra", "Máquina", "Métodos", "Materiais", "Meio ambiente" e "Medição".

Na figura abaixo é possível visualizar um modelo estrutural da ferramenta de análise

*Figura 1 - Modelo estrutural do Diagrama de Ishikawa*



*Fonte: Autor*

#### 4.2.2 DIAGRAMA DE PARETO

O diagrama de Pareto é uma ferramenta gráfica utilizada para priorizar problemas ou causas com base em sua importância relativa. Segundo Campos (2004), essa análise divide um problema complexo em problemas menores e mais gerenciáveis, facilitando sua resolução. Além disso, o diagrama de Pareto permite estabelecer metas concretas e alcançáveis, auxiliando na definição de prioridades e no direcionamento de esforços.

A construção do diagrama de Pareto envolve a coleta de dados sobre as ocorrências ou causas relacionadas ao problema em questão. Esses dados são organizados em ordem decrescente, da ocorrência mais frequente para a menos frequente. Em seguida, é traçado um gráfico de barras, onde as barras representam as ocorrências ou causas e são ordenadas da esquerda para a direita em ordem decrescente. A principal ideia por trás do diagrama de Pareto é que a maioria dos problemas é causada por uma minoria de causas ou ocorrências. Portanto, ao priorizar as principais causas ou ocorrências, é possível concentrar os esforços de melhoria nos aspectos mais impactantes, obtendo resultados significativos. (Campos,2004)

Segundo Ferreira e Morgado (2019), o diagrama de Pareto é de grande utilidade na administração industrial, para análise de defeitos na manufatura de produtos que, habitualmente representam custos elevados e um importante desgaste na imagem da qualidade dos produtos e da empresa que os produz.

### 4.3 MANUTENÇÃO E CONFIBIALIDADE

Kardec & Nascif (2010) definem a manutenção como a função responsável por garantir a disponibilidade dos equipamentos e instalações, de forma a atender aos processos de produção e preservar o meio ambiente, considerando a confiabilidade, segurança e custos adequados.

Xenos (1998, p.20) divide as atividades de manutenção em duas categorias: atividades de manutenção e atividades de melhoria. Segundo o autor, apenas manter o equipamento nas condições originais não é suficiente, e é necessário também introduzir melhorias que visam aumentar a produtividade. Portanto, o departamento de manutenção deve desempenhar tanto o papel de manter os equipamentos em condições adequadas quanto o de buscar melhorias para aumentar a eficiência.

#### 4.3.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Bloom (2006) define a manutenção corretiva como todo trabalho realizado em uma máquina ou equipamento que apresenta falha, com o objetivo de repará-lo. Essa forma de manutenção tem como propósito restabelecer o item em condições de desempenhar sua função requerida. A manutenção corretiva pode ser dividida em dois tipos: a não programada, que ocorre quando uma falha inesperada acontece, resultando na paralisação das atividades produtivas do equipamento; e a programada, que é realizada para corrigir um desempenho inferior ao esperado ou um defeito que não tenha levado à falha propriamente dita.

Portanto, a manutenção corretiva planejada envolve uma abordagem proativa, antecipando falhas potenciais, enquanto a manutenção corretiva não planejada ocorre somente após o equipamento parar de funcionar, resultando em custos mais elevados e impactos negativos na produção.

#### 4.3.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Segundo Xenos (1998), a manutenção preventiva resulta em uma redução nas falhas e interrupções não programadas na produção, aumentando assim a disponibilidade do ativo. A manutenção preventiva busca evitar a ocorrência de falhas, especialmente em setores onde o fator de segurança é prioritário, como aeronaves e elevadores.

De acordo com a NBR5462-1994, a manutenção preventiva é um método realizado em intervalos pré-determinados ou de acordo com critérios estabelecidos, com o objetivo de reduzir a probabilidade de falha ou degradação no funcionamento de um item.

Kardec & Nascif (2010) definem a manutenção preventiva como uma atuação realizada para reduzir ou evitar falhas e quedas no desempenho, seguindo um plano previamente elaborado com intervalos definidos de tempo.

A manutenção preventiva, como o próprio nome sugere, é realizada para prevenir e evitar falhas inesperadas. Xenos (1998, p. 24) destaca as vantagens desse tipo de manutenção em comparação com a manutenção corretiva:

“(...) a frequência de falhas diminui, a disponibilidade dos equipamentos aumenta e também diminuem as interrupções inesperadas da produção. Ou seja, se considerarmos o custo total, em várias situações a manutenção preventiva acaba sendo mais barata que a manutenção corretiva, pelo fato de se ter domínio das paradas dos equipamentos, ao invés de se ficar sujeito às paradas inesperadas por falhas nos equipamentos.”

#### 4.3.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

De acordo com Filho (2008) e Marçal (2000), a manutenção preditiva é caracterizada pelo acompanhamento e monitoramento das condições de um sistema, seus parâmetros operacionais e sua eventual degradação. Essa modalidade de manutenção é realizada por meio de medições ou inspeções que não interferem na operação do sistema.

A manutenção preditiva é aplicada de forma planejada e sistemática, utilizando técnicas de análise com o objetivo de minimizar as manutenções preventivas e corretivas.

No entanto, é importante destacar que os custos da manutenção preditiva são mais elevados, uma vez que são necessárias ferramentas ou empresas especializadas para a detecção de fenômenos como alteração no nível de vibração de equipamentos rotativos, contaminação de óleos lubrificantes e alteração nos níveis de pressão. Essas medidas preventivas visam antecipar falhas e evitar paradas inesperadas, contribuindo para a redução de custos associados à manutenção corretiva e minimizando possíveis impactos na produção.

#### 4.4 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), conhecida como Reliability Centered Maintenance (RCM) em inglês, é uma abordagem desenvolvida no final da década de 60, inicialmente voltada para a indústria aeronáutica. Seu propósito era direcionar os esforços de manutenção para os componentes e sistemas nos quais a confiabilidade é fundamental. O objetivo principal da MCC é assegurar o desempenho, a segurança e a preservação do ambiente de forma mais eficiente em termos de custo-benefício. (MOUBRAY, 1997; SIQUEIRA, 2009; WANG e HWANG, 2004)

##### 4.4.1 FUNDAMENTOS DA MCC

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) representa uma mudança de foco em relação ao modelo tradicional de manutenção, introduzindo novos conceitos e objetivos. Garza (2002) destaca que a MCC direciona suas ações para a preservação da função dos equipamentos, em contraste com a abordagem tradicional que se concentra na manutenção dos próprios equipamentos.

Os objetivos do MCC são:

Garantir a confiabilidade e disponibilidade de um sistema ou instalação, assegurando que eles possam desempenhar suas funções de forma satisfatória durante o período indicado e sob as condições especificadas (Dhillon, 2006; Xenos, 2004; Kardec e Nasfic, 2009).

Otimizar o programa de manutenção, atendendo às expectativas relacionadas a ele, buscando melhorar a disponibilidade do sistema e sua segurança sem aumentar os custos (Smith e Hinchcliffe, 2004).

Reduzir significativamente a rotina de tarefas de manutenção, geralmente entre 40% a 70%, quando implementado corretamente, proporcionando vantagens e benefícios em termos de segurança, logística, operação e administração das organizações (Moubray, 1997).

Além dos benefícios tangíveis, a MCC também pode trazer benefícios intangíveis que geralmente são ignorados devido ao seu impacto financeiro insignificante (Backlund, 2003).

#### 4.4.2 ANÁLISE E DECISÃO

O objetivo desta etapa é selecionar as atividades de manutenção preventiva com base em critérios de aplicabilidade e eficácia. Isso é feito considerando a capacidade dessas atividades de reduzir, eliminar, prevenir ou detectar falhas nos equipamentos. Além disso, é realizada uma análise de viabilidade econômica e técnica para avaliar a pertinência dessas atividades.

##### 4.4.2.1 CONSEQUÊNCIA DAS FALHAS

As consequências das falhas referem-se ao impacto causado no processo devido à ocorrência de uma falha. Backlund (2003) define esse impacto como o resultado direto da falha em questão. Zaians (2003) acrescenta que cada modo de falha pode afetar de maneira distinta o processo, podendo impactar a produção, a qualidade, a segurança, o meio ambiente e os custos. Portanto, é importante realizar uma análise das consequências dos modos de falha considerando sua natureza e gravidade.

A avaliação das consequências das falhas é realizada no contexto da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), levando em consideração os seguintes fatores (NAVSEA, 2007; SMITH, 1993):

**Segurança:** Avalia-se o impacto da falha na segurança dos trabalhadores, usuários e demais envolvidos no processo. Isso inclui riscos de acidentes, lesões ou danos à saúde causados pela falha do equipamento.

**Meio ambiente:** Verifica-se como a falha pode afetar o meio ambiente, considerando questões como vazamentos, contaminação de solos, emissão de gases poluentes, entre outros aspectos ambientais.

**Operação:** Analisa-se o impacto da falha na operação do processo, levando em conta a interrupção da produção, a redução da eficiência, a perda de capacidade produtiva ou a diminuição da qualidade do produto.

**Econômico:** Considera-se o impacto financeiro decorrente da falha, como custos adicionais de reparo, perdas de produção, desperdício de recursos, custos de retrabalho ou substituição de equipamentos danificados.

Ao analisar esses quatro fatores, é possível compreender de maneira abrangente as consequências das falhas e direcionar as ações de manutenção preventiva para mitigar ou evitar

tais impactos. Isso contribui para a maximização da confiabilidade dos equipamentos, a redução de riscos e a otimização dos recursos envolvidos no processo.

#### 4.4.2.2 APLICABILIDADE DA MANUTENÇÃO

A etapa de aplicabilidade da manutenção na metodologia MCC estabelece os requisitos técnicos e práticos para determinar as ações e métodos de manutenção a serem utilizados. Essa etapa é similar em diferentes versões da metodologia.

De acordo com Smith (1993), o foco de um programa de manutenção preventiva consiste em quatro objetivos principais:

**Prevenir ou reduzir a ocorrência de falhas:** as ações preventivas são implementadas para evitar ou minimizar a ocorrência de falhas nos equipamentos. Isso pode envolver atividades como inspeções, lubrificação, ajustes e substituição de componentes desgastados.

**Detectar o início de uma falha:** são utilizadas técnicas e métodos de monitoramento para identificar sinais precoces de falhas em equipamentos. Isso permite que a manutenção seja realizada antes que a falha se agrave e afete a operação do sistema.

**Descobrir falhas ocultas:** são aplicadas ações de manutenção destinadas a identificar falhas ocultas, especialmente em sistemas críticos ou de emergência. O objetivo é evidenciar a existência dessas falhas e prevenir sua evolução para falhas múltiplas.

**Identificar limitações e especificações técnicas do sistema:** algumas situações podem exigir ações de manutenção corretiva ou postergada após a ocorrência da falha, seja por questões técnicas ou econômicas. Nesses casos, é importante identificar quando não será possível realizar ações preventivas devido a restrições técnicas ou especificações do sistema.

Smith e Hinchcliffe (2004) apresentam quatro categorias de atividades de manutenção planejada:

**Atividades direcionadas por tempo:** são ações predefinidas e executadas em intervalos de tempo estabelecidos, sem a necessidade de intervenção técnica ou alteração no cronograma. Geralmente são intrusivas e visam prevenir ou retardar a falha.

**Atividades direcionadas por condição:** são realizadas com base na monitoração do início da falha, utilizando técnicas preditivas para prever quando ocorrerá a perda de função. Essas atividades são realizadas de forma incipiente, permitindo a intervenção antes que a falha se manifeste.

Atividades de busca de falhas: são aplicadas em sistemas de emergência, equipamentos reservas e outros sistemas com potencial para falhas ocultas. O objetivo é identificar e prevenir a evolução dessas falhas para falhas múltiplas, evidenciando sua existência.

Atividades pós-falhas: são atividades de manutenção adiadas após a ocorrência da falha, considerando necessidades técnicas ou exigências econômicas.

Siqueira (2009) acrescenta uma categoria adicional de atividades direcionadas para operação. Essas atividades têm caráter operacional e de execução simples, envolvendo a preservação do sistema e ambiente, lubrificação, limpeza e suprimento de matéria-prima, entre outras ações.

Essas categorias de atividades de manutenção planejada são aplicadas de acordo com as características dos equipamentos, a criticidade dos sistemas e os objetivos de confiabilidade

A aplicabilidade da manutenção no contexto do MCC envolve a definição dos requisitos técnicos e práticos para determinar as ações e métodos de manutenção a serem utilizados. Essa etapa é semelhante nas diferentes versões da metodologia MCC.

De acordo com Smith (1993), o foco de um programa de manutenção preventiva consiste em: prevenir ou reduzir a ocorrência de falhas, detectar o início de uma falha, descobrir falhas ocultas e identificar situações em que ações preventivas não são possíveis devido a limitações e especificações técnicas do sistema.

Smith e Hinchcliffe (2004) apresentam quatro categorias para especificar qualquer ação de manutenção planejada:

Atividades direcionadas por tempo: essas atividades são executadas de acordo com uma periodicidade pré-definida, sem necessidade de intervenção técnica ou alteração no intervalo de tempo. Geralmente, são ações intrusivas que visam prevenir ou retardar a ocorrência de falhas.

Atividades direcionadas por condição: essas atividades são utilizadas em modos de falha em que é possível monitorar o início da falha e prever quando ocorrerá a perda da função. São realizadas de forma incipiente, utilizando técnicas preditivas.

Atividades de busca de falhas: essas atividades são aplicadas em sistemas de emergência, equipamentos reservas, backups e outros sistemas com potencial para apresentar falhas ocultas. Visam evidenciar a existência dessas falhas e prevenir sua evolução para falhas múltiplas.

Atividades pós-falhas: essas atividades de manutenção são postergadas após a ocorrência da falha, levando em consideração necessidades técnicas ou exigências econômicas.

Siqueira (2009) acrescenta uma categoria de atividades direcionadas para a operação, que são de caráter operacional e de simples execução, como preservação do sistema e ambiente, lubrificação, limpeza, suprimento de matéria-prima, entre outros.

#### 4.4.2.3 DENOMINAÇÃO DAS ATIVIDADES

As atividades de manutenção podem receber diferentes denominações e classificações, que podem variar de acordo com o responsável pela análise, a necessidade do processo ou a versão específica da metodologia MCC utilizada. Moubrey (1997) propõe uma classificação padronizada das seguintes atividades de manutenção:

**Inspeção preditiva:** consiste na realização de inspeções periódicas ou monitoramento contínuo para identificar sinais precoces de possíveis falhas. O objetivo é prever e evitar falhas antes que elas ocorram.

**Restauração preventiva:** refere-se à realização de atividades de manutenção para restaurar ou corrigir condições degradadas ou componentes que estão se aproximando de sua vida útil prevista. O objetivo é prevenir falhas iminentes.

**Substituição preventiva:** envolve a substituição de componentes ou equipamentos antes que eles apresentem falhas. É baseada na vida útil estimada dos itens e visa evitar falhas inesperadas.

**Deteção da falha:** consiste na identificação de uma falha real que ocorreu em um componente ou sistema. Essa atividade envolve diagnóstico e análise para determinar a causa raiz da falha.

**Reparo funcional:** refere-se à correção ou reparo de falhas já identificadas, com o objetivo de restaurar o funcionamento adequado do componente ou sistema. Essa atividade pode envolver reparos temporários ou substituição de peças danificadas.

Essa classificação busca fornecer uma estrutura para denominar e classificar as atividades de manutenção de acordo com suas finalidades e objetivos específicos.

#### 4.4.2.4 SELEÇÃO DAS ATIVIDADES

A seleção das atividades de manutenção deve ser baseada em critérios de aplicabilidade e efetividade, levando em consideração a eliminação ou redução da falha do objeto em análise, com segurança e critérios econômicos e operacionais adequados, de acordo com Bloom (2006).

Moubray (1997) sugere uma ordem de prioridade na seleção das atividades de manutenção, com base nos critérios de aplicabilidade e efetividade: (i) inspeção preditiva; (ii) restauração preventiva; (iii) substituição preventiva; (iv) detecção da falha; e (v) atividades default.

Zaion (2003) propõe a utilização de um diagrama de decisão para a seleção das atividades de manutenção. Esse diagrama é baseado na avaliação da evidência e consequência da falha, bem como na análise lógica das atividades. A figura 17 apresenta um exemplo de fluxo de decisão para a seleção das atividades de manutenção.

O fluxo de decisão é guiado por uma série de perguntas que são respondidas pelo analista, levando à seleção da atividade de manutenção mais adequada, considerando as necessidades específicas do objeto em análise.

Dessa forma, a seleção das atividades de manutenção deve ser feita de forma criteriosa, considerando os critérios de aplicabilidade, efetividade, segurança e aspectos econômicos e operacionais, a fim de garantir a eficácia do programa de manutenção.

## **5 METODOLOGIA EXPERIMENTAL**

### **5.1 PROCEDIMENTO METODOLÓGICOS**

O trabalho em questão é uma pesquisa documental, conforme descrito por Fonseca (2002, p. 32). Esse tipo de pesquisa utiliza fontes diversas e dispersas, sem tratamento analítico, tais como tabelas estatísticas, jornais, revistas, relatórios, documentos oficiais, cartas, filmes, fotografias, pinturas, tapeçarias, relatórios de empresas, vídeos de programas de televisão, entre outros. Assim, a pesquisa documental permite uma abordagem investigativa baseada na análise e interpretação de fontes documentais existentes, proporcionando uma visão mais ampla e aprofundada do fenômeno em estudo.

Nesse sentido, a pesquisa documental busca explorar e analisar essas fontes primárias de informações para obter dados relevantes e construir uma compreensão do fenômeno estudado. No caso específico deste trabalho, a coleta de dados em campo se concentra na troca de componentes em máquinas e na quantidade de falhas monitoradas pelo MQS (Monitoramento da Qualidade em Serviço). O objetivo é utilizar essas fontes documentais para obter informações detalhadas sobre as substituições de peças nas máquinas em análise e quantidades de falhas que ocorrem antes dessa substituição".

A metodologia experimental se desenvolveu no levantamento do histórico de falhas das Máquinas de testes denominadas JOT G3 no período de 01/03/2023 a 01/05/2023. Todas as falhas relacionadas ao componente objeto deste estudo estão disponíveis no MQS.

### **5.2 DEFINIÇÃO DA ÁREA**

O estudo foi realizado em uma empresa nacional, situada no Polo industrial de Manaus, cujo processo é totalmente voltado para fabricação de placas de circuito impresso destinadas a vários segmentos (Aparelhos celulares, PCs, Notebooks etc.), formado por etapas que vão desde a SMT, onde são montados na placa os componentes de menor porte, através de máquinas insensoras automáticas, até a fase de complementação, montagem e testes dos aparelhos celulares.

### **5.3 PLANO DE COLETA DE DADOS**

Os dados coletados para esta pesquisa foram primários. Conforme definido por Mattar (1996:48), dados primários são aqueles que não foram antes coletados, estando ainda em posse dos pesquisados, e que são coletados com o propósito de atender às necessidades específicas da pesquisa em andamento. No contexto do trabalho em questão, será desenvolvido um cartão de registro de tempo como um mecanismo de verificação, esse cartão permitirá uma identificação precisa do dia da troca do componente além da criação de formulários de solicitação de Dummies que servirá como uma fonte de dados primários confiáveis e detalhados sobre as trocas de componentes, contribuindo para uma análise mais precisa e uma compreensão mais completa do fenômeno em estudo.

A técnica utilizada para a coleta dos dados foi a pesquisa documental, conforme descrito por Vergara (2009). Essa técnica envolve a análise e utilização de documentos provenientes de órgãos públicos e privados como fontes de informação. No caso específico deste trabalho, os dados foram coletados por meio do sistema MQS (Monitoramento da Qualidade em Serviço). Esse sistema permitiu a coleta de dados em tempo real sobre a taxa de falhas. Esses dados obtidos pelo MQS forneceram informações valiosas para a pesquisa, possibilitando uma análise mais precisa e uma compreensão aprofundada do fenômeno em estudo.

### **5.4 PLANO DE ANÁLISE DOS DADOS**

Os dados coletados na pesquisa foram analisados de forma quantitativa e qualitativa, seguindo abordagens descritas por Alves (2007) e Tafner e Silva (2009). A pesquisa qualitativa buscou coletar informações, examiná-las e construir métodos de obtenção de dados confiáveis. Por sua vez, a pesquisa quantitativa teve foco na mensuração de fenômenos, envolvendo a coleta e análise de dados numéricos através do MQS e registro dos dados obtidos. Essas duas abordagens foram utilizadas na análise dos dados, uma vez que a pesquisa envolveu tanto informações teóricas, como a descrição do processo de fabricação de aparelhos celulares, quanto dados quantitativos sobre as falhas dos equipamentos.

Para o desenvolvimento do trabalho, foram utilizadas ferramentas da qualidade, como o Diagrama de Ishikawa, a fim de entender as principais causas das falhas. Identificar essas causas é essencial para a definição de estratégias de manutenção e substituição do objeto deste estudo. Além disso, as informações registradas no cartão de tempo criado foram extraídas para estabelecer uma associação com a quantidade de falhas do equipamento. Essa análise permitirá

identificar possíveis padrões ou relações entre o tempo de uso e as falhas ocorridas.

Dessa forma, a pesquisa adotou uma abordagem mista, combinando análise quantitativa e qualitativa, bem como a utilização de ferramentas da qualidade, a fim de alcançar os objetivos propostos e obter uma compreensão completa do processo de fabricação e desempenho da Dummy sim Card

## **6 RESULTADOS**

Este capítulo tem como objetivo apresentar a experiência da pesquisa e os resultados encontrados. Ele está dividido em duas partes principais.

Na primeira parte, é apresentado o processo de fabricação dos aparelhos celulares por meio de um fluxograma do processo produtivo. Esse fluxograma ilustra as etapas de fabricação do aparelho, destacando em qual equipamento ou estágio específico o componente em estudo está presente. Isso proporciona uma visão clara do contexto em que o componente é utilizado durante a produção dos aparelhos celulares.

A segunda parte trata da análise do cartão de tempo, dos formulários preenchido pelos técnicos, bem como das falhas relacionadas ao Dummy sim card. Essa análise permite avaliar a qualidade das informações de produtividade das máquinas analisadas. Os dados registrados no cartão de tempo fornecem informações importantes sobre as atividades realizadas, essa análise contribui para uma compreensão mais aprofundada da relação entre o componente em estudo e a qualidade da produção.

Em resumo, este capítulo apresenta tanto o processo de fabricação dos aparelhos celulares quanto a análise dos dados do cartão de tempo e das falhas relacionadas ao item estudado. Essas informações são essenciais para a avaliação da qualidade da informação de produtividade das máquinas analisadas, fornecendo insights valiosos para os resultados da pesquisa.

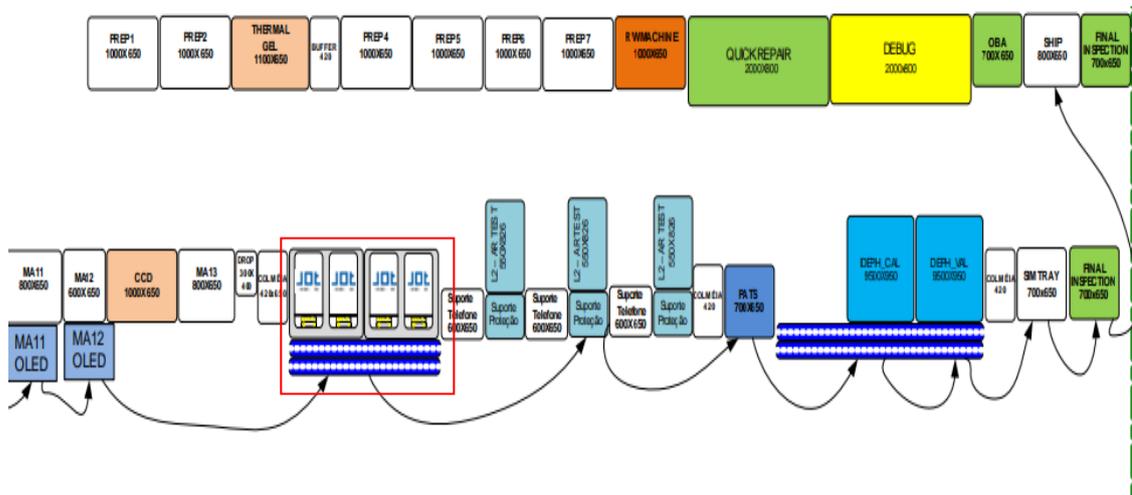
### **6.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO**

Pode-se ver na Figura 2, a configuração de uma linha de produção de aparelho celulares com destaque para o equipamento que será tema do estudo deste trabalho.

Nesta linha de montagem, outras partes do aparelho celular serão acopladas, isso inclui o chassi que abriga a placa, agora com todos os seus componentes, o vidro frontal junto do display e, por fim, a carcaça que envolve tudo isso. Gradualmente, o que era apenas uma chapa de circuitos se transforma em um celular completo.

Em seguida, os testes de qualidade serão realizados, os aparelhos são ligados e testados em equipamentos que permite testar todas as funções essenciais rapidamente, como a JOT G3, destacada na figura 2, objeto deste estudo.

Figura 2 - Layout da linha de montagem e testes de aparelhos celulares com destaque para a JOT G3



Fonte: Autor

O equipamento abordado neste estudo é o JOT G3, fabricado pela JOT AUTOMATION. De acordo com Electronics Maker (2014), a JOT G3 possui um design compacto e abrange uma ampla gama de testes de interface do Dispositivo em Teste (DUT), incluindo testes de rádio frequência, de tela, de tela sensível ao toque, de botões, de áudio e de conexões de plug-in. Além disso, o equipamento é controlado pelo sistema de teste, permitindo a execução eficiente de diferentes combinações de testes. A utilização do JOT G3 nesse estudo proporciona uma solução abrangente e eficaz para a realização de testes em aparelhos e dispositivos vestíveis, garantindo a qualidade dos produtos e otimizando os processos de produção.

Figura 3- JOT G3



Fonte: Electronics Maker (2014). Disponível em: <https://electronicsmaker.com/>

No interior deste equipamento está localizado o PSP, a base de suporte para inserção do aparelho celular a ser testado na JOT STATION.

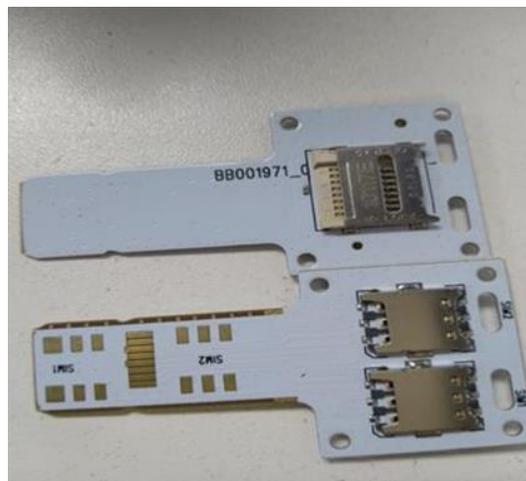
Figura 4-PSP – Base de suporte para inserção



Fonte: Autor

No PSP, está posicionado o objeto de estudo deste trabalho, a Dummy Sim Card, ela é inserida no aparelho para realizar os testes necessários

Figura 5 -Dummy Sim Card

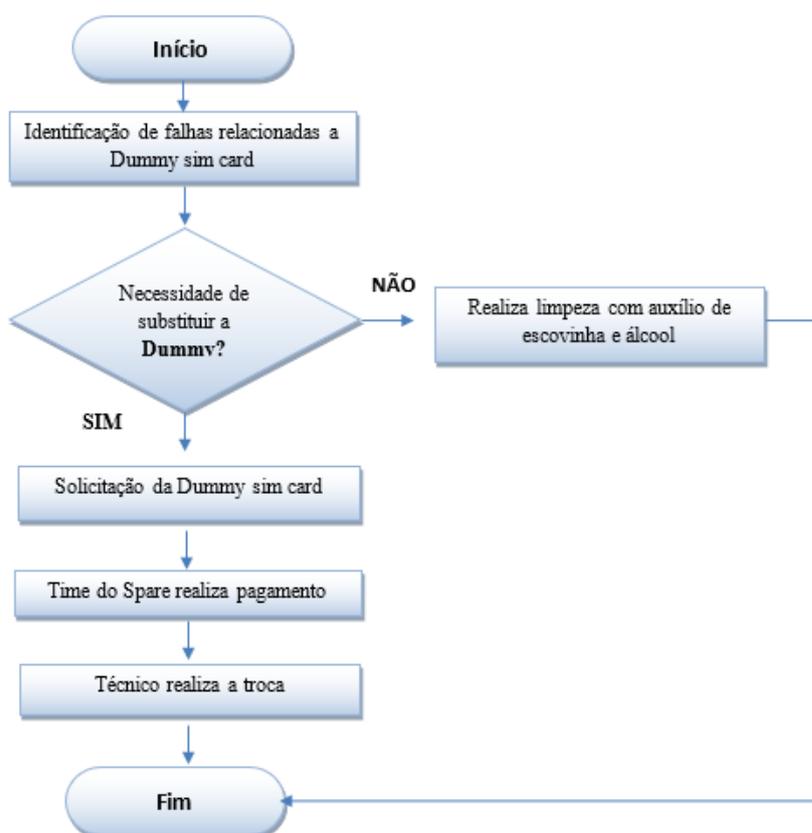


Fonte: Autor

## 6.2 PROCESSO ATUAL DE SUBSTITUIÇÃO/SOLICITAÇÃO DA DUMMY

Conforme ilustrado no fluxograma abaixo, quando acionado pela manufatura para tratar falhas relacionadas à Dummy sim card, o técnico deve removê-la para avaliar seu estado. Após análise, ele verifica se é necessário apenas realizar limpeza ou se é preciso efetuar a troca. Nesse caso, o técnico se dirige ao estoque de peças sobressalentes (Spare Parts), solicita-a e realiza a troca necessária.

Figura 6-Fluxograma atual de substituição de Dummies



Fonte: Autor

## 6.3 ANÁLISE DA FALHA

Com o objetivo de identificar as possíveis causas para as falhas relacionadas ao componente da JOT G3, foi elaborado um Diagrama de Causa e Efeito por meio de um processo de brainstorming. As causas potenciais foram agrupadas em diferentes contextos: medida, método, mão de obra, máquinas, meio ambiente e materiais.

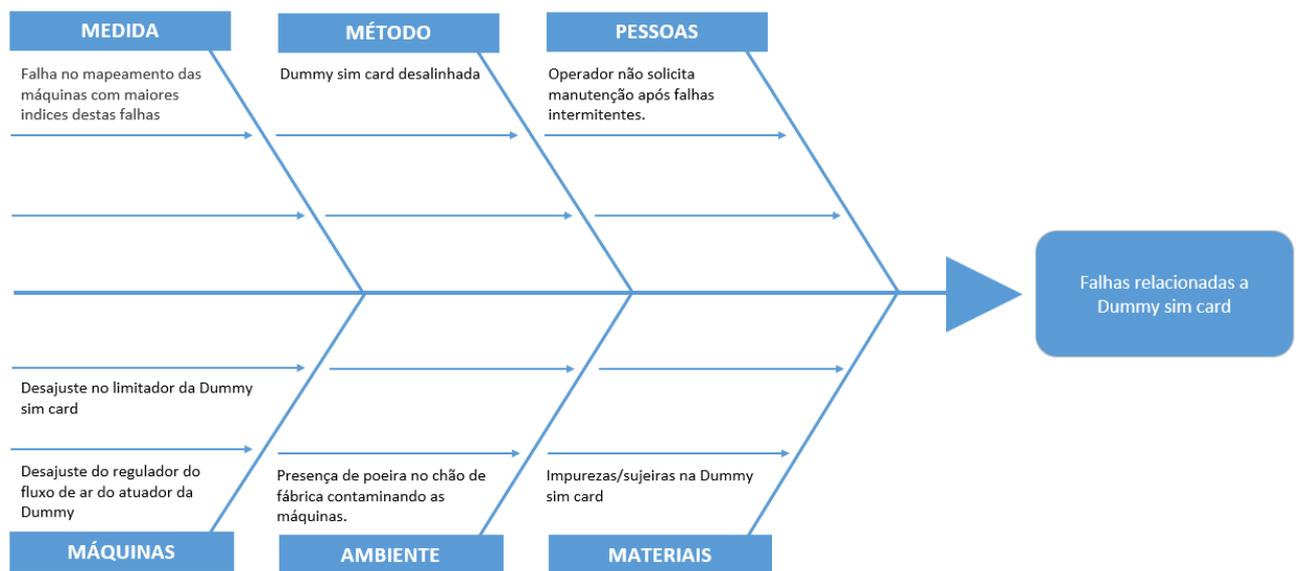
No contexto de medida, uma possível causa identificada foi a falha no mapeamento das máquinas com maiores índices de falhas. Em relação ao método, uma causa potencial é a

Dummy desalinhada. No contexto de mão de obra, identificou-se que o operador não solicita manutenção após falhas intermitentes.

No contexto de máquinas, duas possíveis causas foram identificadas: desajuste do limitador da Dummy sim card e desajuste do fluxo de ar do atuador da Dummy SIM Card. No contexto de meio ambiente, uma causa potencial é a presença de poeira externa nos equipamentos, que pode acabar caindo nos equipamentos. No contexto de materiais, uma causa identificada é a acumulação de impurezas devido a múltiplas inserções no aparelho.

Essas possíveis causas foram determinadas durante o processo de brainstorming com o objetivo de investigar as razões por trás das falhas. A análise dessas causas pode auxiliar no desenvolvimento de medidas corretivas para solucionar as falhas e melhorar o desempenho do dispositivo.

Figura 7 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Autor

O Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) pode ser observado através da figura 6. Nela, é possível verificar que as principais causas de falha levantadas para o modo de falha

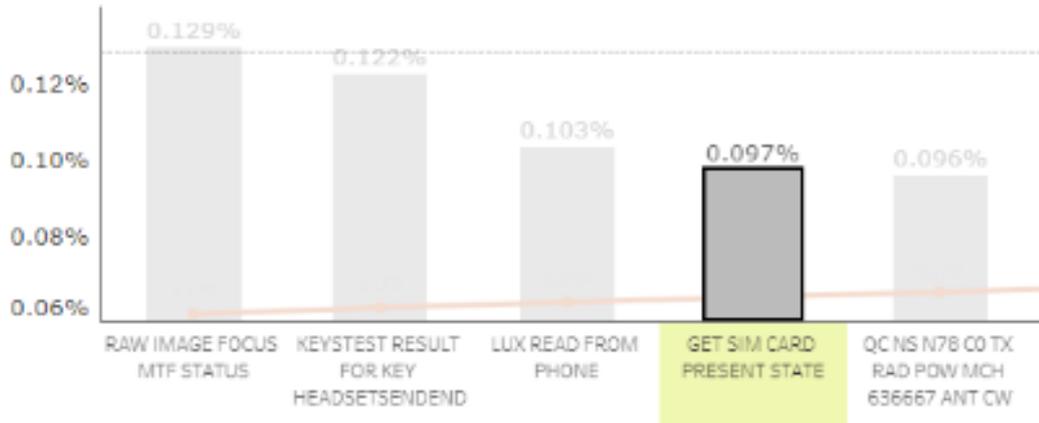
#### 6.4 CARTÃO DE REGISTRO DE TEMPO PROPOSTO

Baseado na pesquisa realizada e analisando as necessidades da empresa estudada foi proposto o cartão de registro de tempo para aprimorar o controle das ações realizadas pelos técnicos, pois é fácil visualizar as ações relacionadas a Dummy sim card além das ações



Gráfico 1- Top 5 Falhas no mês de Abril

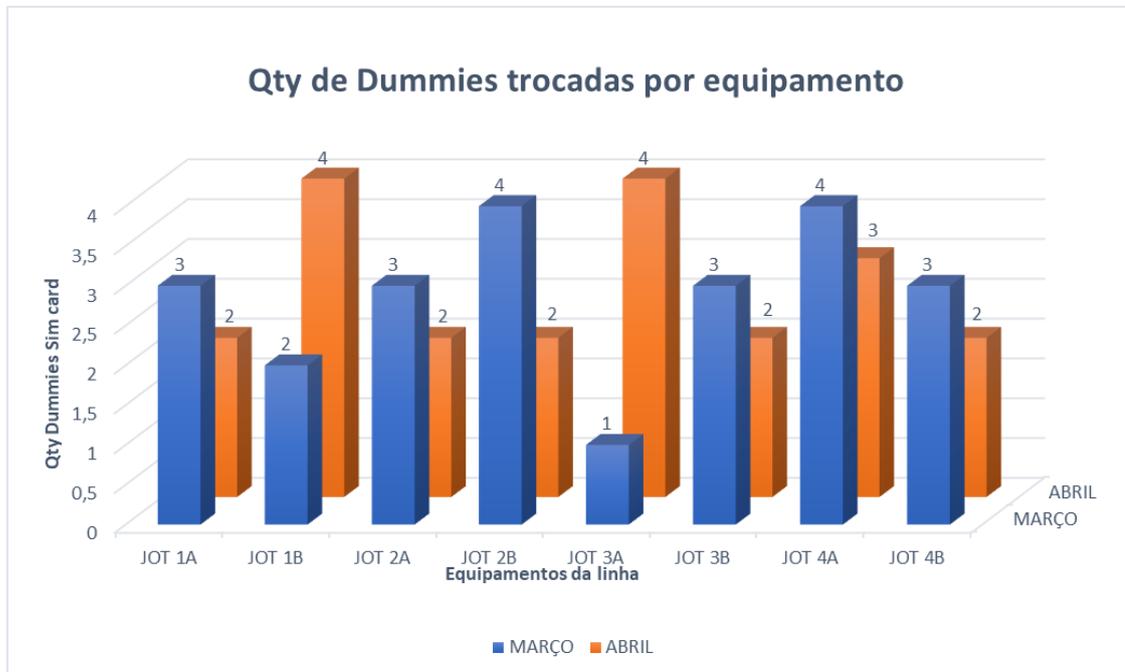
### Offender Distribution



Fonte: Autor

Com base nos dados coletados através do cartão de registro de tempo de parada durante os meses de março e abril 2023, criou-se o gráfico de quantidade de troca de Dummies sim card por equipamento (JOT G3).

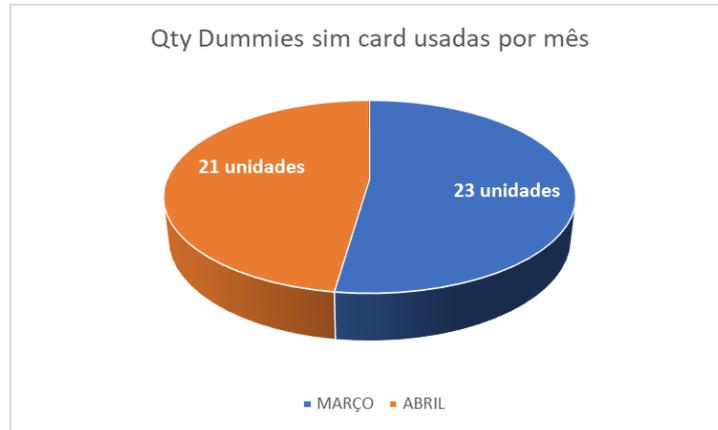
Gráfico 2 - Quantidade de Dummies trocadas por equipamento em cada mês



Fonte: Autor

No gráfico abaixo, é possível verificar a quantidade de troca por mês, no mês de abril foram trocadas 21 Dummies e em março, foram trocadas 23.

Gráfico 3- Quantidade de Dummies usadas por mês



Fonte: Autor

Para definir quantidade trocada por mês em cada equipamento, deve-se verificar a quantidade de Dummies trocadas pela quantidade de equipamento da linha através da equação abaixo (Equação 2):

Equação 1 - Cálculo da quantidade de Dummies trocadas

$$\text{Qty Dummies trocadas por mês } (\lambda) = \frac{\text{Qty Dummies sim card trocadas}}{\text{Qty equip. da linha}}$$

Fonte: Autor

No mês de março:

$$\lambda = \frac{23 \text{ Dummies sim card trocadas}}{8 \text{ JOT's}}$$

$$\lambda = 2,87 \text{ Dummies trocadas por JOT em março}$$

No mês de abril:

$$\lambda = \frac{21 \text{ Dummies sim card trocadas}}{8 \text{ equipamentos}}$$

$$\lambda = 2,65 \text{ Dummies trocadas por JOT em abril}$$

Como o componente é uma unidade, devemos arredondar para 3 unidades. Isso significa que, ao fazer a contagem ou referência ao componente, devemos considerar apenas o valor inteiro mais próximo, que é 3 unidades. Dessa forma, a cada mês é realizado a troca de 3 Dummies no equipamento na linha estudada.

Utilizando a equação 1, que define o Tempo Médio entre Falhas (MTBF, na sigla em inglês), foi possível calcular a taxa de falhas dos equipamentos desta linha. A equação 1 permite determinar o tempo médio decorrido entre cada ocorrência de falha. Essa métrica é essencial para compreender a confiabilidade dos equipamentos e avaliar a eficácia das medidas de manutenção implementadas. Ao aplicar a equação 1 aos equipamentos específicos desta linha, foi possível obter dados sobre a taxa de falhas, fornecendo informações essenciais para análise da vida útil desse componente

Equação 1 - Tempo médio entre falhas

$$TMEF = \frac{Neq * P}{\lambda}$$

Fonte: Magalhães e Mainieri (2002)

Onde:

Neq – Número de equipamentos

P - Período

$\lambda$  – Número de falhas / Intervenções

$$TMEF = \frac{8 \text{ Jot's} * 60 \text{ dias}}{44 \text{ trocas de Dummies sim card}}$$

$$TMEF = 10,9 \text{ dias}$$

Considerando o contexto específico de evitar que o equipamento gere falhas, será considerado o TMEF de 10 dias para falhas relacionadas a Dummy sim card, esse valor serve como uma referência para entender o desempenho histórico do equipamento em relação às falhas. No caso específico em que o TMEF é de 10 dias, isso significa que, em média, o componente funciona por 10 dias antes de ocorrer uma falha. No entanto, é importante notar que o TMEF é uma medida estatística e não implica necessariamente que o equipamento sempre falhará exatamente após 10 dias.

## 6.6 PROCEDIMENTO DE SOLICITAÇÃO DE DUMMY SIM NO SPARE PARTS

Para evitar trocas desnecessárias, foi implementado um sistema de solicitação de Dummies que requer a assinatura do coordenador para liberar a substituição. Nesse sistema, o técnico preenche o formulário com seu nome, data e a máquina para a qual a peça será trocada como mostrado na figura abaixo.

O responsável pelo estoque de peças tem a responsabilidade de registrar os dados de onde será substituída e verificar seu histórico. Se a última troca ocorreu antes de pelo menos 10 dias, o técnico deve preencher um novo tópico do formulário, justificando a necessidade de troca antecipada.

Figura 9 - Formulário de entrega de Dummy

<b>AUTORIZAÇÃO PARA ENTREGA DE DUMMY</b>		<b>Spare Parts</b>
Data da Solicitação : ____ / ____ / ____ Data Do Recebimento : ____ / ____ / ____		
Nome do Técnico Solicitante: _____ Turno: _____ Linha: _____		
EQUIPAMENTO: _____ TURNO: _____		
<b>Dummy sim card PENANG 5G      Numero: 44      Troca?(SIM/NÃO)</b>		
<b>Assinatura do Coordenador da Manutenção:</b>		
<small>Obs: É necessário o preenchimento em caso de perda do material ou quando requisitado pela 1ª vez É obrigatório a assinatura do Coordenador da Manutenção para liberação dos materiais solicitados.</small>		
Time SPARE PARTS BE (Pagante): _____		
TROCA ANTECIPADA: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO		
JUSTIFICATIVA: _____		
_____		
_____		

Fonte: Autor

Essa abordagem visa garantir que a substituição seja feita apenas quando realmente necessária. O registro dos dados e o acompanhamento do histórico ajudam a monitorar o tempo de vida útil e identificar padrões ou problemas recorrentes que possam requerer ações corretivas adicionais.

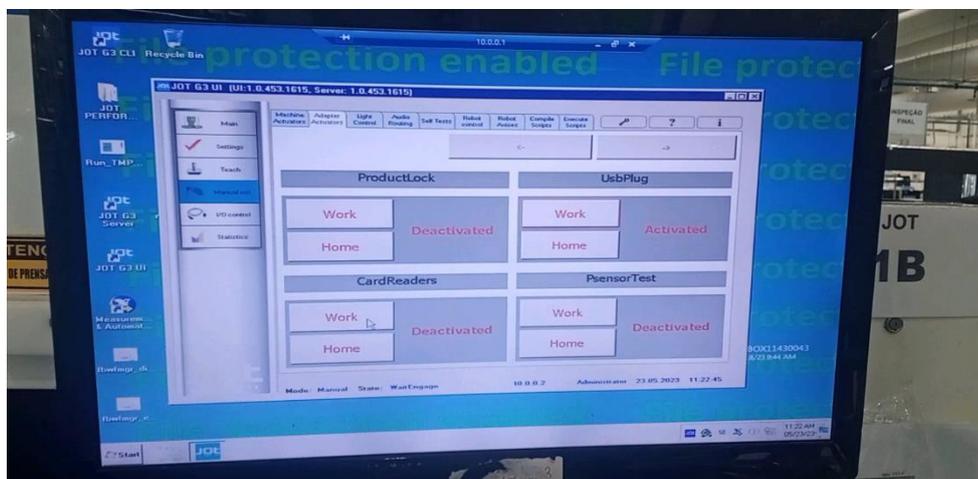
Essa medida contribui para a otimização dos recursos e redução de custos, ao evitar substituições prematuras ou inadequadas. Além disso, promove uma gestão mais eficiente do estoque, assegurando que haja disponibilidade quando realmente necessário.

## 6.7 PROCEDIMENTO DE VALIDAÇÃO APÓS A TROCA PROPOSTO

Na JOT G3, existe uma opção para simular a inserção de uma Dummy no aparelho. Além disso, o aparelho possui uma funcionalidade que permite identificá-la. Se a identificação for bem-sucedida e a inserção ocorrer sem problemas, a máquina estará liberada para o processo em questão.

Na aba CardReaders, selecionando a opção WORK, é possível simular a inserção, verificando assim o alinhamento.

*Figura 10 - Tela da JOT G3*



*Fonte: Autor*

O técnico deverá verificar o alinhamento e se a inserção está fluida, sem empecilhos.

*Figura 11 - Aparelho posicionado no PSP*



*Fonte: Autor*

O aparelho possui opção para detectar a Dummy, caso reconheça, a máquina está liberada para o processo.

*Figura 12 - Dummy inserida no aparelho*



*Fonte: Autor*

## **6.8 PROCESSO DE SUBSTITUIÇÃO/SOLICITAÇÃO PROPOSTO**

Para facilitar o processo de troca, é necessário seguir as seguintes etapas:

**Identificação da necessidade de troca:** O técnico responsável deve avaliar a necessidade de substituí-la levando em consideração o seu desgaste, mau funcionamento ou qualquer outro motivo válido para a troca.

**Preenchimento do formulário de solicitação:** O técnico preenche o formulário de solicitação de troca, incluindo seu nome, data e a máquina em que a peça será substituída.

**Assinatura do coordenador:** O formulário de solicitação deve ser assinado pelo coordenador ou supervisor responsável, indicando a aprovação da troca.

**Registro dos dados de substituição:** O responsável pelo estoque registra os dados da troca, incluindo a data, máquina em que será instalada e o motivo da troca.

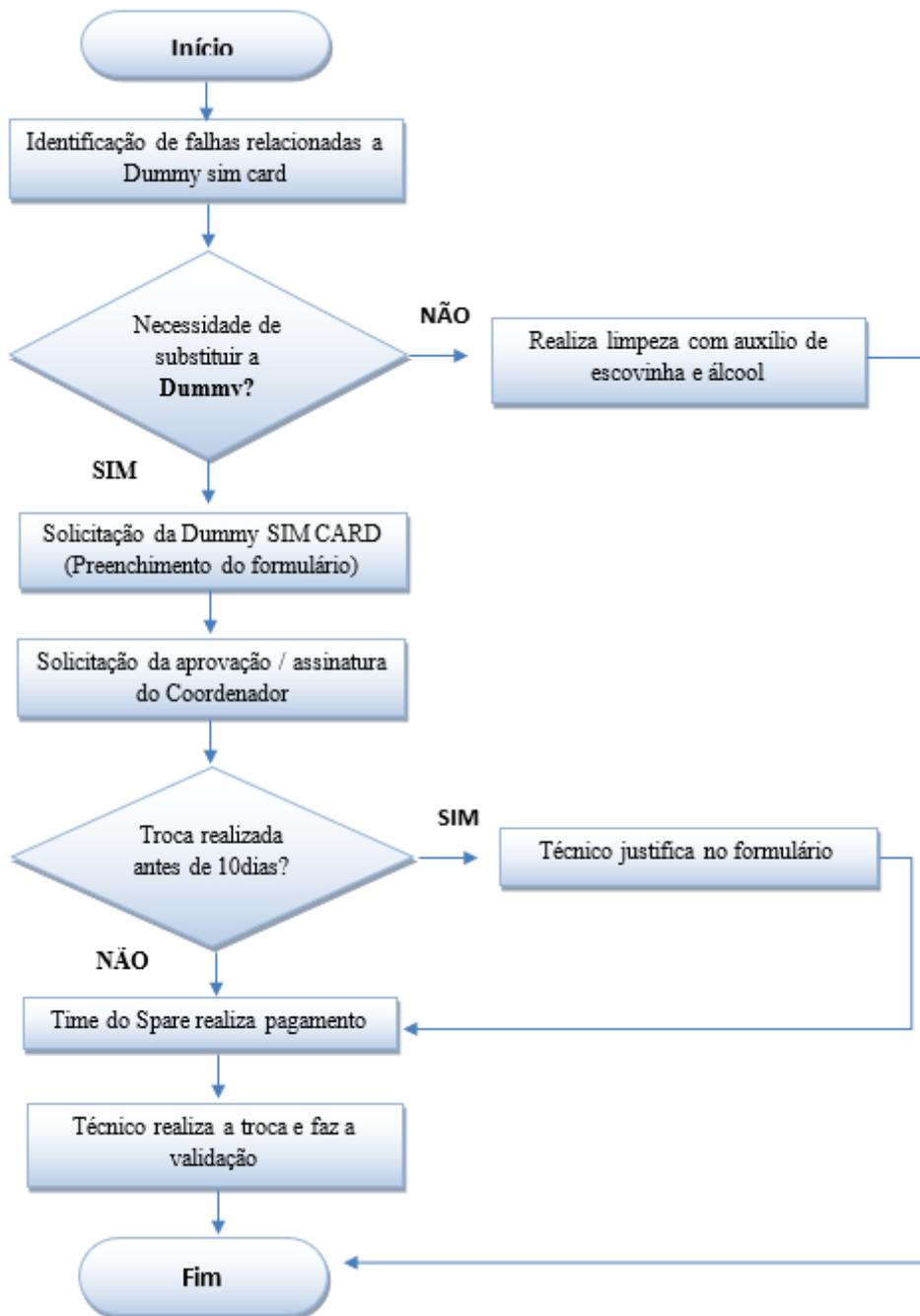
**Verificação do histórico:** O responsável pelo estoque verifica o histórico, observando quando foi trocada pela última vez. Caso a última troca tenha ocorrido há menos de 10 dias, o técnico deverá preencher um novo formulário, justificando a necessidade de troca antecipada.

**Análise da justificativa:** O coordenador avalia a justificativa apresentada pelo técnico para a troca antecipada e decide se aprova ou nega a solicitação.

**Substituição:** Após a aprovação, o técnico realiza a substituição na máquina indicada, seguindo os procedimentos adequados.

Essas etapas visam garantir um processo organizado e controlado para a troca de Dummies, evitando substituições desnecessárias e garantindo o registro adequado das informações para análise e acompanhamento do histórico de trocas. Abaixo, a figura 13, é possível visualizar o fluxograma deste novo processo proposto.

Figura 13 - Processo de substituição/solicitação de Dummy proposto



Fonte: Autor

## 7 CONCLUSÃO

Com base nas informações coletadas ao longo do histórico, podemos concluir que, na linha selecionada como base deste estudo, em média, o componente possui vida útil de 10 dias, esse valor serve como uma referência para entender o desempenho histórico do equipamento em relação às falhas

Esse dado revela a frequência com que esse componente precisa ser substituído, o que pode ter impacto na eficiência dos testes realizados em aparelhos celulares antes de sua comercialização.

Com esse dado em mãos, implementar um sistema de solicitação de Dummies associado ao processo de validação, se torna uma medida estratégica. Esse sistema busca garantir que a substituição seja feita apenas quando realmente necessária, evitando gastos desnecessários e otimizando a utilização dos recursos disponíveis.

O registro dos dados e o acompanhamento do histórico permitem monitorar o tempo de vida útil das Dummies e identificar padrões ou problemas recorrentes que possam requerer ações corretivas adicionais. Essa análise mais aprofundada ajuda a tomar decisões embasadas em dados concretos, permitindo ajustes no processo de substituição e melhorias contínuas na eficiência dos testes.

Nos próximos trabalhos, pretende-se evidenciar a melhoria da eficiência dos equipamentos e a redução dos custos relacionados a manutenções emergenciais decorrentes da aplicação de trocas em conformidade com a vida útil de cada componente.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACKLUND, Fredrik. Managing the Introduction of Reliability-Centred Maintenance, RCM – RCM as a method of working within hydropower organisations. 2003. 317 f. Thesys (Doctoral) – Department of Business Administration and Social Sciences – Division of Quality and Environmental Management, Lulea University of Technology. Lulea, 2003.

CAMPOS, V. F. TQC – Controle da qualidade total. B. Horizonte: INDG, 2004.

DODSON, B.; SCHWAB, H. Accelerated testing. [S.l.: s.n.], 2006. v. 400.

Electronics Maker. (2014). "JOT Automation makes a smart move with its newest test device solutions at the Mobile World Congress." Disponível em: <https://electronicsmaker.com/jot-automation-makes-a-smart-move-with-its-newest-test-device-solutions-at-the-mobile-world-congress>

DHILLON, B. S. Maintainability, maintenance and reliability for Engineers. 1ª. ed. New York: CRC Press, 2006

FERREIRA, G.L.; MORGADO, T.S.V. Melhoria dos processos produtivos através da aplicação das ferramentas de gestão de produção: estudo de caso em uma empresa do ramo de navegação. In: BrazilianJournalofDevelopment. Curitiba, 2019.

FLING, Brian. Mobile Design and Development. Sebastopol: O'Reilly, 2009. Disponível em: <<http://konigi.com/notebook/read-mobile-design-development-free-online>>.

GARZA, Luiz. A Case Study of the Application of Reliability Centered Maintenance (RCM) in the Acquisition of the Advanced Amphibious Assault Vehicle (AAAV). 2002. 85 f. Thesys (Master) – Naval Postgraduate School, United States Navy. California, 2002.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção: Função estratégica, 3º edição, Editora Qualitymark, Rio de Janeiro, 2009.

MAGALHÃES, F. P.; MAINIERI, O. M. Operação sem riscos, 6 / — Rio de Janeiro: Petrobras ; Brasília: SENAI/DN, 2002. 137 p. : il. — (Série Qualificação Básica de Operadores).

MATTAR, Fauze N. Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996

MOUBRAY, J. Reliability-centered maintenance: second edition. 2ª. ed. New York: Industrial Press Inc., 1997.

NAVSEA. Reliability-Centered Maintenance (RCM) Handbook. S9081-AB-GIB010. Naval Sea Systems Command. USA, 2007

O'CONNOR, P.; KLEYNER, A. Practical reliability engineering. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2012.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. Revista Gestão Industrial. Vol.4, n.2, 2008

SIQUEIRA, Y. P. D. S. Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implantação. 1ª (Reimpressão). ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SMITH, A. M.; HINCHCLIFFE, G. R. RCM: gateway to world class maintenance. 2ª. ed. Burlington: Elsevier Butterworth–Heinemann, v. 1, 2004.

XENOS, Harilaus Gerogius D’Philippos, Gerenciando a manutenção produtiva, Belo Horizonte, 1998.

WANG, Cheng-Hua & HWANG, Sheue-Ling. A stochastic maintenance management model with recovery factor. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 10, n. 2, p. 154-164, Bingley (UK), abr-jun. 2004.

ZAIIONS, Douglas R. Consolidação da Metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade em uma Planta de Celulose e Papel. 2003. 219 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.