



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS RUSSAS
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

HYGOR SILVA LIMA

**APLICAÇÃO DO FMEA PARA PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NA GESTÃO DA
MANUTENÇÃO DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**

RUSSAS – CE
2020

HYGOR SILVA LIMA

APLICAÇÃO DO FMEA PARA PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NA GESTÃO DA
MANUTENÇÃO DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Ceará Campus Russas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador(a): Prof.^a Ms. Daiane de Oliveira Costa

RUSSAS – CE

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L698a Lima, Hygor Silva.
Aplicação do FMEA para proposição de melhorias na gestão da manutenção de uma indústria têxtil / Hygor Silva Lima. – 2020.
56 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Curso de Engenharia de Produção, Russas, 2020.
Orientação: Prof. Me. Daiane de Oliveira Costa.
1. Indústria têxtil. 2. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). 3. AMFE (Análise do Modo de Falhas e Efeito). 4. Manutenção. I. Título.

CDD 658.5

HYGOR SILVA LIMA

APLICAÇÃO DO FMEA PARA PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NA GESTÃO DA
MANUTENÇÃO DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Ceará Campus Russas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em ___/___/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Ms. Daiane de Oliveira Costa (Orientadora)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Ms. Ramon Rudá Brito Medeiros

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Ms. Rochelly Sirremes Pinto

Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pois sem ele nada sou, a minha família, em especial a minha mãe, meu pai e minha madrinha, Alzira, Hugo e Vanderluce, pelas palavras de apoio e incentivo, agradeço a minha digníssima namorada, Cintia Lima, por todas as conversas motivacionais e apoio psicológico, agradeço a todos os meus amigos que me apoiaram nessa jornada, em especial a Davi Carvalho, Maximiliano Maia e Antônio Teixeira. Por fim agradeço a minha orientadora Ms. Daiane de Oliveira Costa por todos os ensinamentos comigo compartilhados.

RESUMO

Com a alta competitividade no setor têxtil, a disponibilidade e confiabilidade dos maquinários tem se tornado cada vez mais essencial para que as empresas possam bater todas as suas metas de produção e de vendas. Uma parada inesperada de determinado maquinário pode acarretar em diversos problemas, caso a equipe de manutenção não tenha um planejamento traçado para esse tipo de ocorrência, como perda de produtividade e elevação no custo da manutenção. Diante disto, o presente estudo busca aplicar o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) – AMFE (Análise do Modo de Falhas e Efeito) no processo produtivo de fabricação de fio em uma empresa têxtil, no intuito de elaborar um plano de ação que possa reduzir as paradas não programadas para manutenção. Para isso, foi realizado uma revisão dos principais conceitos da manutenção, assim como de algumas ferramentas utilizadas para conseguir melhorias em sua gestão. Em seguida, foram realizadas observações nas linhas de produção de modo a identificar o equipamento mais crítico, as falhas relacionadas a este e a frequência com a qual elas acontecem. Após a aplicação do FMEA, a ferramenta e 5 Porquês foi utilizada para descobrir as causas raízes que levavam às falhas apontadas. Com base nos resultados obtidos com a aplicação dessas ferramentas foi possível propor ações de manutenção para corrigir as falhas mais frequentes do maquinário em análise.

Palavras-chave: Indústria têxtil. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). AMFE (Análise do Modo de Falhas e Efeito). Manutenção.

ABSTRACT

With the high competitiveness in the textile sector, the availability and reliability of machinery has become increasingly essential for companies to beat all their production and sales targets. An unexpected downtime of a certain machinery can lead to several problems, if the maintenance team doesn't have a planned for this type of occurrence, such as loss of productivity and increase in maintenance cost. Faced with this, this study seeks to apply FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) – AMFE (Análise do Modo de Falhas e Efeito) in the production process of yarn manufacturing in a textile company, in order to elaborate an action plan that can reduce unscheduled maintenance stoppages. For this, a review of the main maintenance concepts was performed, as well as some tools used to achieve improvements in its management. Then, observations were made in the production lines in order to identify the most critical equipment, the failures related to it and the frequency with which they happen. After the application of FMEA, the tool and 5 Why was used to discover the root causes that led to the failures pointed out. Based on the results obtained with the application of these tools it was possible to propose maintenance actions to correct the most frequent failures of the machinery under analysis.

Keywords: Textile industry. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). AMFE (Failure Mode and Effect Analysis). Maintenance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Evolução da manutenção.....	19
Figura 02 – Engenharia de manutenção.....	25
Figura 03 – Fluxograma decisional da classificação ABC.....	31
Figura 04 – Metodologia da pesquisa.	35
Figura 05 – Linha de produção 100% algodão.....	36
Figura 06 – Linha de produção subproduto.	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Diagrama de pareto.....	47
--------------------------------------	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Tipos de manutenção.....	21
Quadro 02 – Fatores para calcular o NPR.	28
Quadro 03 – Critérios da classificação ABC.....	30
Quadro 04 – Classificação ABC – <i>Blendomat</i>	39
Quadro 05 – Classificação ABC – Condensadora LVSA.....	40
Quadro 06 – Classificação ABC – AXIFLU.....	40
Quadro 07 – Classificação ABC – TV500.....	41
Quadro 08 – Classificação ABC – MXU	41
Quadro 09 – Classificação ABC – MPM	42
Quadro 10 – Classificação ABC – CVT.....	42
Quadro 11 – Classificação ABC – CL-C3.....	43
Quadro 12 – Classificação ABC – Dustex.	43
Quadro 13 – Classificação ABC – Carda.	44
Quadro 14 – Classificação ABC – <i>Open-End</i>	44
Quadro 15 – Modos de falha da máquina <i>Open-End</i>	46
Quadro 16 – FMEA.....	49
Quadro 17 – Parâmetros de detectabilidade	50
Quadro 18 – 5 Porquês.....	51
Quadro 19 – Plano de ações	52
Quadro 20 – Análises das ações propostas.	53

LISTRA DE TABELAS

Tabela 01 – Exemplo da aplicação da ferramenta 5 Porquês.....	32
--	-----------

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e Confecção

MTTR – *Mean Time To Repair*

NBR – Norma Brasileira

TPM – *Total Productive Maintenance*

RCM – *Reliability Centered Maintenance*

FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*

NPR – Número de Prioridade de Risco

F – Frequência

G – Gravidade

D – Detectabilidade

CODEMEC RJ – Comitê para o Desenvolvimento do Mercado de Capitais Rio de Janeiro

JIPM – *Japan Institute of Plant Maintenance*

QFD - *Quality Function Deployment*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Objetivos.....	15
1.2	Justificativa.....	16
1.3	Delimitação do estudo.....	16
1.4	Estrutura do estudo.	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO.	18
2.1	Definição de manutenção.	18
2.2	Evolução da manutenção.....	19
2.3	Tipos de manutenção.	20
2.3.1	<i>Manutenção corretiva</i>	22
2.3.2	<i>Manutenção preventiva</i>	23
2.3.3	<i>Manutenção preditiva</i>	23
2.3.4	<i>Manutenção detectiva</i>	24
2.3.5	<i>Engenharia de manutenção</i>	24
2.4	Qualidade e manutenção.	26
2.5	FMEA.....	26
2.6	Classificação ABC.....	30
2.7	5 Porquês.	32
3	METODOLOGIA.....	33
3.1	Caracterização da pesquisa.....	33
3.2	Caracterização do objeto de estudo.	34
3.3	Coleta e tratamento de dados.	34
4	RESULTADOS	36
4.1	Processo produtivo.....	36
4.2	Determinação do equipamento crítico: classificação ABC.	39
4.3	Análise do histórico de manutenções.	45
4.4	Aplicação do FMEA.....	48
4.5	Aplicação dos 5 Porquês.....	50
4.6	Plano de ações.....	52
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
	REFERÊNCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

A economia brasileira é atualmente movimentada por um variado grupo de segmentos industriais, onde se pode destacar as indústrias do ramo têxtil, responsável, segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e Confecção – ABIT (2019), por gerar aproximadamente 16,7% dos empregos para a sociedade brasileira.

Este segmento, de acordo com Pereira (2009), é formado por cinco subsetores: fiação, beneficiamento, tecelagem e malharia, produção de fibras e confecção. Segundo Emery (2007), o setor têxtil é considerado um dos principais segmentos da economia brasileira pelo fato de movimentar diversos outros setores, ou seja, proporciona a geração de empregos de forma direta e indireta.

Assim como na maioria das indústrias, a qualidade é fator primordial no segmento têxtil, principalmente por se tratar de um setor cuja concorrência é muito alta, fazendo com que o nível de exigência dos clientes seja ainda maior. Os consumidores não aceitam produtos falhos ou defeituosos e a oferta é enorme; não há espaço para erros e falhas quando se trata de qualidade, pois este setor deve manter os padrões pré-estabelecidos como “aceitáveis”, caso contrário, o faturamento da empresa será influenciado de forma negativa.

Essa pressão constante dos consumidores por produtos de excelente qualidade incide diretamente no setor de manutenção das empresas, uma vez que máquinas que não exercem a sua função de forma adequada produzem produtos defeituosos. Nesse contexto, pode-se dizer que a qualidade não é apenas um fator desejável, mas, sim, um diferencial para as empresas se manterem neste mercado competitivo.

Segundo Silva (2011), um bom controle do setor da manutenção pode proporcionar para a empresa um acréscimo na disponibilidade dos equipamentos para a atividade de produção, permitindo que esta possa se sobressair em outros aspectos perante seus concorrentes, aumentando dessa forma sua competitividade no mercado. Diante desse cenário, tem sido uma estratégia de muitas indústrias aprimorar a gestão da manutenção para se obter qualidade e, conseqüentemente, um aumento na produtividade.

Diversos são os pontos que podem ser explorados pelas empresas nessa busca pela excelência da gestão da manutenção, contudo, pode-se ressaltar um fator de grande importância, o *Mean Time To Repair* (MTTR) que, segundo Viana (2002), consiste no valor obtido através da divisão do somatório das horas de trabalho da equipe de manutenção pela quantidade de ações corretivas executadas em um determinado período, ou seja, é o tempo médio que leva para executar as ações de reparação.

Antes vista apenas como “equipe tampa buracos”, hoje, a equipe de manutenção de qualquer indústria é considerada fundamental para que as metas produtivas sejam sempre alcançadas, atuando preferencialmente de forma preventiva. Essa equipe é responsável por manter os equipamentos em pleno funcionamento pelo maior tempo possível.

Para que as ações preventivas aconteçam com maior frequência que as ações corretivas, as empresas estão aplicando ferramentas que auxiliem na redução de paradas não programadas, uma dessas ferramentas é o *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), que segundo Helman & Andery (1995), objetiva identificar os principais modos de falha de certo produto ou processo com o fim de identificar os efeitos causados por esses no sistema produtivo.

Com isso, a análise das máquinas do processo produtivo, o estudo das suas falhas e de como essas são apresentadas, junto a um plano de ações bem elaborado, pode se tornar a principal alternativa para conseguir alcançar uma maximização na disponibilidade dos equipamentos para produção.

1.1 Objetivos

O objetivo deste estudo consiste em aplicar o FMEA no processo produtivo de fabricação de fio em uma empresa têxtil, bem como elaborar um plano de ação visando reduzir as paradas não programadas para manutenção.

Os objetivos específicos deste estudo são:

- ❖ Realizar o mapeamento do processo produtivo;
- ❖ Aplicar o método de classificação ABC para determinar o equipamento mais crítico;
- ❖ Aplicar o FMEA para identificação dos modos e efeitos das falhas, bem como suas causas primárias;
- ❖ Aplicar o método dos 5 Porquês para as causas primárias das falhas, a fim de identificar suas causas raízes;
- ❖ Elaborar um plano de ação para as causas raízes encontradas, visando reduzir as ações de manutenção corretiva.

1.2 Justificativa

O avanço tecnológico permitiu às empresas a substituição de operadores por máquinas. Essa substituição se deve, em parte, ao fato do mercado está cada vez mais competitivo, obrigando as empresas a buscarem alternativas para redução de custos e aumento da qualidade dos produtos.

Quanto mais equipamentos existirem dentro de uma fábrica, maior será a responsabilidade da equipe de manutenção. Os mecânicos e eletricitas não são responsáveis apenas por consertar um defeito existente, é responsabilidade da equipe manter o equipamento funcionando da melhor forma possível pelo maior intervalo de tempo possível, atuando preferencialmente de forma preventiva ao invés de corretiva, uma vez que a manutenção corretiva implica em custos mais elevados devido à falta de planejamento para sua execução.

Com isso, se torna imprescindível o estudo das máquinas e dos seus potenciais modos de falhas, ou seja, a forma como a falha se apresenta, para que a partir desses possam ser identificadas as causas primárias e os efeitos dessas falhas. Esse conjunto de informações permite que a equipe de manutenção elabore planos de ações estruturados e alinhados com a realidade dos problemas encontrados nas máquinas e isso implica em ganhos, uma vez que a execução desses planos tendem a diminuir a frequência de aparições das falhas inesperadas e aumentar a eficiência da equipe de manutenção por meio da redução do MTTR.

Na empresa tomada como objeto de estudo, foi observado pelo pesquisador, que exerce o cargo de coordenador de manutenção da empresa, uma grande quantidade de paradas para ações de manutenção não programadas, isso implica na redução da disponibilidade dos equipamentos, afetando diretamente no setor produtivo. Esse fato atrelado à baixa mão de obra capacitada, tendo apenas três eletricitas e doze mecânicos, ocasiona em uma menor disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, ressaltando assim a importância de se realizar um estudo das falhas e da elaboração de um plano de ações que busque reduzir essas.

1.3 Delimitação do estudo

Foi determinado que para este estudo seriam analisados apenas os maquinários presentes no processo produtivo de fabricação de fio têxtil da empresa, sem levar em consideração outros aspectos como movimentação de matéria-prima e produtos acabados,

realização de testes de qualidade, dentre outras atividades diárias que fazem parte do processo produtivo.

1.4 Estrutura do estudo

O primeiro capítulo apresenta uma breve contextualização acerca do tema, além de descrever o problema a ser estudado, os objetivos, a justificativa e as delimitações da pesquisa.

O segundo capítulo corresponde à explanação do referencial teórico, onde são apresentados alguns conceitos fundamentais para o desenvolvimento do estudo.

No capítulo três é feita a descrição detalhada dos procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa, além da caracterização desta e do objeto de estudo.

No quarto capítulo, os resultados são apresentados, dividindo-se em: processo produtivo, determinação do equipamento crítico, análise do histórico de manutenções, aplicação do FMEA, aplicação dos 5 Porquês e, por último, plano de ações.

No quinto e último capítulo são apresentadas as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo busca apresentar o embasamento teórico necessário para a compreensão da problemática do estudo e descrição das ferramentas utilizadas para o alcance do seu objetivo.

2.1 Definição de manutenção

Segundo Viana (2014), o termo manutenção, o qual deriva do latim *manus tenere*, significa manter o que se tem. Tal atividade sempre desenvolveu um papel importante dentro das organizações, porém, a alta complexidade dos novos equipamentos e a busca por uma maior confiabilidade e disponibilidade destes fez com que a manutenção se tornasse algo primordial para o sucesso das indústrias.

De acordo com a ABNT (1994), a NBR 5462 define a palavra manutenção como sendo o conjunto de todas as ações técnicas e administrativas, até mesmo as de supervisão, que buscam manter determinado item na condição adequada para efetuar a função desejada, considerando até mesmo ações que venham a modificar o item.

A manutenção visa garantir a confiabilidade e a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações, de modo a atender a um processo de produção ou serviço com segurança, custos adequados e, ao mesmo tempo, preservando o meio ambiente (PINTO;XAVIER, 2009).

Corroborando com as ideias apresentadas acima, Kardec & Nascif (2017) citam que a manutenção tem como missão assegurar a funcionalidade dos equipamentos e instalações, para que estes possam ser utilizados dentro de um processo produtivo com um bom nível de confiabilidade e segurança a um custo baixo ou, no mínimo, adequado à realidade na qual estão inseridos, sem deixar de lado os riscos ambientais.

No entanto, nem sempre a manutenção foi vista como algo tão importante e estratégico dentro das organizações; a sua evolução acompanhou o desenvolvimento da sociedade e, conseqüentemente, dos processos produtivos, que passaram a exigir mais deste setor à medida que os consumidores foram se tornando mais exigentes.

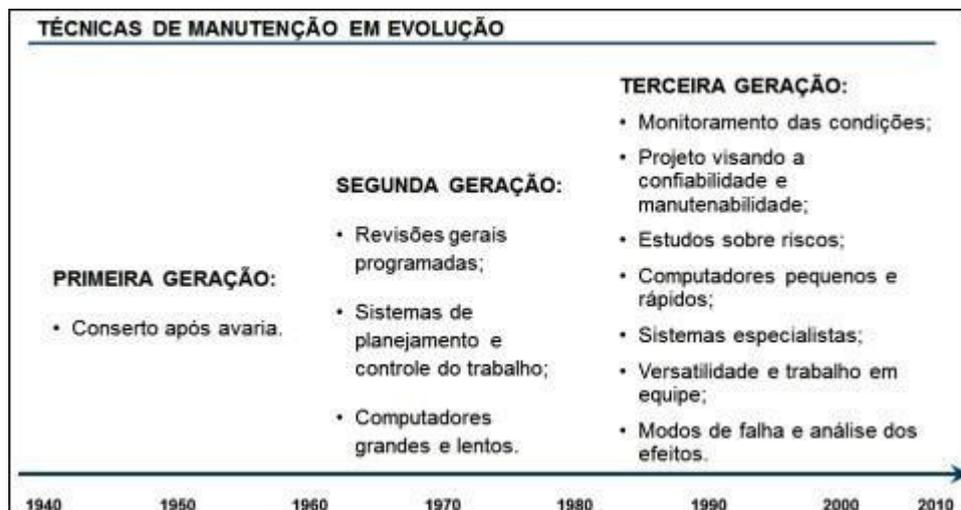
2.2 Evolução da manutenção

Segundo Moubray (2000), a manutenção evoluiu gradativamente por anos acompanhando as necessidades apresentadas pelas empresas, que estavam sempre atualizando seus maquinários à medida em que o mercado ia exigindo um maior poder de produção e um maior nível de qualidade.

Fortalecendo esse pensamento, Branco Filho (2008) relata que a evolução da manutenção acompanha o desenvolvimento das unidades de produção. Quanto mais sofisticado o processo, mais sofisticada será a manutenção e mais elevado o nível técnico dos profissionais.

Na Figura 1 está ilustrada essa evolução, relacionando as gerações da manutenção com o período de tempo dominado por elas.

Figura 01 – Evolução da manutenção



Fonte: Moubray, (2000).

Como observado na linha do tempo acima, segundo Moubray (2000), a primeira geração ocorreu nas décadas de 40, 50 e 60 e tem como principal característica o conserto do item após avaria, ou seja, consertava-se o item após este apresentar defeito, com isso, surgiu o termo manutenção corretiva.

A segunda geração ocorreu em meados da década de 60 e tinha como principais características a utilização de planejamentos de manutenção para antecipar os problemas.

Efetuando-se manutenções periódicas era possível agir antes da ocorrência da falha, dando origem, assim, ao surgimento do termo manutenção preventiva.

A terceira geração teve início a partir da década de 80, segundo Netto (2008), nesse período as indústrias estavam buscando evoluir em alguns aspectos como a disponibilidade e a confiabilidade dos seus equipamentos, com isso alguns conceitos foram surgindo, como a Manutenção Produtiva Total (TPM) e a Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM). A aplicação desses conceitos e a adoção de outras práticas como a monitoração das condições físicas dos equipamentos se tornaram primordiais para o surgimento de mais um tipo de manutenção, a manutenção preditiva.

Pinto & Xavier (2009) citam ainda mais duas gerações, onde a quarta geração pode ser identificada a partir do momento em que o foco da manutenção passa a ser a disponibilidade e a confiabilidade dos equipamentos. Já na transição da quarta para a quinta geração podem ser notadas as mesmas práticas da quarta geração, porém, é observado a utilização da sistemática de gestão de ativos para se obter resultados empresariais.

2.3 Tipos de manutenção

A literatura classifica a manutenção de diversas formas diferentes e essa classificação é realizada em função do modo em que a manutenção é executada. O Quadro 1 explana diferentes formas de classificação da manutenção, de acordo com diferentes autores.

Quadro 01 – Tipos de manutenção

Autor ou Entidade	Tipos de manutenção
Viana (2002)	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção corretiva planejada; • Manutenção corretiva não-planejada; • Manutenção preventiva; • Manutenção preditiva; • Manutenção Produtiva Total; • Manutenção Centrada na Confiabilidade.
Pinto & Xavier (2009)	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção corretiva planejada; • Manutenção corretiva não-planejada; • Manutenção preventiva; • Manutenção preditiva; • Manutenção detectiva; • Engenharia de manutenção.
Mirshawka & Olmedo (1993)	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção corretiva; • Manutenção preventiva sistemática; • Manutenção preventiva condicional ou preditiva.
ABNT, NBR 5462 (1994)	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção preventiva; • Manutenção corretiva; • Manutenção controlada ou preditiva; • Manutenção programada; • Manutenção não-programada; • Manutenção no campo; • Manutenção fora do local de utilização; • Manutenção remota; • Manutenção automática; • Manutenção deferida.

Fonte: Autor (2020).

Para o presente estudo será considerada a classificação atribuída por Pinto & Xavier (2009), como apresentada abaixo:

- ❖ Manutenção corretiva;
 - Manutenção corretiva planejada;
 - Manutenção corretiva não-planejada;
- ❖ Manutenção preventiva;
- ❖ Manutenção preditiva;
- ❖ Manutenção detectiva;

❖ Engenharia de manutenção.

2.3.1 Manutenção corretiva

Segundo Pinto & Xavier (2009), a manutenção corretiva busca corrigir algum defeito identificado em determinado maquinário ou componente da fábrica, tendo como principal característica a utilização do componente até o final da sua vida útil. O ponto positivo dessa estratégia está em aproveitar ao máximo o uso do componente, contudo a questão de imprevisibilidade do momento da falha pode implicar em perdas desnecessárias para empresa, uma vez que esta pode ficar com certo equipamento improdutivo durante mais tempo do que seria necessário se a equipe de manutenção estivesse preparada para atender a ocorrência.

Viana (2002) classifica a manutenção corretiva como a atuação da equipe de manutenção de forma aleatória e sem nenhum precedente. A ABNT (1994) afirma que a manutenção corretiva é aquela que é executada após a aparição de uma falha, tendo como principal objetivo fazer com que o equipamento ou componente falho volte a funcionar de forma plena. É a “intervenção necessária imediatamente para evitar graves consequências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente” (VIANA, 2002, p. 09).

A manutenção corretiva ainda pode ser classificada de duas formas diferentes, a planejada e a não planejada, diferindo-se uma da outra no quesito organização. Segundo Pinto & Xavier (2009), a manutenção corretiva não planejada se caracteriza pela ação da manutenção após a aparição da falha ou ao se notar um desempenho abaixo do esperado de determinado equipamento ou componente. Ainda segundo os autores, essa forma de executar a manutenção pode ser bastante arriscada para as empresas, uma vez que a aparição de uma falha de forma repentina pode surpreender a equipe de manutenção, pegando-a despreparada, ocasionando perdas produtivas consideráveis, além de arriscar a qualidade do produto final.

Já a manutenção corretiva planejada analisa as condições dos equipamentos e componentes, podendo se antecipar ou não ao problema. A intervenção ocorre por decisão gerencial que, por sua vez, é normalmente baseada na modificação dos parâmetros observados pela manutenção preditiva (PINTO; XAVIER, 2009, p. 41).

2.3.2 *Manutenção preventiva*

Segundo Viana (2002) a manutenção preventiva é aquela que procura prevenir uma falha ao invés de corrigi-la, acontece periodicamente e tem um plano de ação bem elaborado e compacto, que geralmente é estruturado pelos responsáveis pela máquina, com auxílio de manuais técnicos. Esta é efetuada em intervalos de manutenção predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item (ABNT, 1994).

A manutenção preventiva viabiliza ao setor de produção uma maior segurança em relação à disponibilidade dos equipamentos, tornando-se essencial para o cumprimento das metas e para o atendimento da carteira de pedidos. Além disso, possibilita melhor controle dos equipamentos, redução de paradas de emergência (panes inesperadas) e melhora a autoestima da equipe (VIANA, 2002).

Apesar de possuir diversas vantagens quando comparada com a manutenção corretiva, por ser realizada em intervalos de tempo predeterminados, as intervenções preventivas são feitas quando as máquinas estão em pleno funcionamento, ocasionando uma perda de tempo hábil de produção. Além disso, segundo Pinto & Xavier (2009), durante o período de intervenção preventiva alguma falha antes não existente pode ser inserida no equipamento, uma vez que a manutenção é realizada por seres humanos e estes estão suscetíveis a erros.

2.3.3 *Manutenção preditiva*

Segundo Viana (2002), a manutenção preditiva é um misto da manutenção corretiva planejada com a manutenção preventiva, uma vez que a ação de intervir é autorizada ou não com base em uma análise de parâmetros como, nível de ruído, vibração e temperatura, podendo dessa forma prever um problema e eliminá-lo antes mesmo que venha acontecer; esse tipo de manutenção permite também a elaboração de um plano de manutenção com base na análise dos parâmetros citados anteriormente, para ser executado quando necessário.

De acordo com Pinto & Xavier (2009) existem três possíveis maneiras de se realizar as observações dos fatores físicos dos equipamentos e componentes:

- i. Acompanhamento ou monitoração subjetiva: são utilizados os sentidos humanos, tato, audição, visão e olfato na monitoração dos fatores físicos;

- ii. Acompanhamento ou monitoração objetiva: utiliza-se equipamentos específicos para realizar a mensuração e o acompanhamento dos fatores físicos;
- iii. Monitoração contínua: utiliza-se sistemas independentes capazes de monitorar os fatores físicos e tomar algumas decisões como desligar ou não o equipamento caso algum dos fatores estejam fora dos valores padrão.

2.3.4 *Manutenção detectiva*

A manutenção detectiva é aquela responsável por identificar as falhas consideradas impossíveis de serem detectadas pelos mantenedores e operadores sem que uma outra falha ocorra primeiro. É “a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal da operação e manutenção”. (PINTO; XAVIER, 2009, p. 47).

Como exemplo podemos citar um motor com perda de potência, essa seria a falha “detectável”, porém o que veio a ocasionar essa falha seria a falha oculta, nesse caso uma variação na corrente elétrica de entrada do motor.

2.3.5 *Engenharia de manutenção*

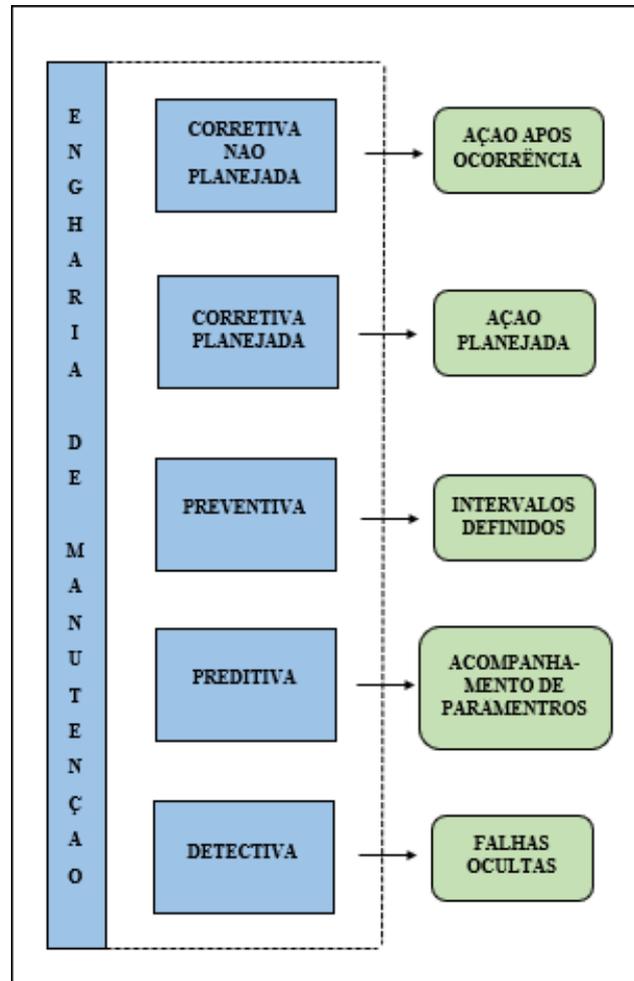
A engenharia de manutenção é uma metodologia que busca sempre implantar melhorias nas práticas de manutenção executadas dentro de uma organização, seja essa corretiva, preventiva, preditiva ou detectiva. O seu papel é proporcionar melhorias para que essas possam ser mais eficientes quando forem executadas.

De acordo com Kardec & Nascif (2009), a engenharia de manutenção consiste em aplicar técnicas de sucesso difundidas no mercado e nos concorrentes, a fim de melhorar as ações já executadas pela equipe de manutenção da organização. Ainda segundo Kardec & Nascif (2009) ela é responsável por diversos outros fatores dentro do setor de manutenção de uma empresa, sendo alguns desses:

- i. Aumentar a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos e componentes;
- ii. Solucionar problemas repetitivos;
- iii. Melhorar o trabalho em grupo;
- iv. Melhorar a gestão de peças sobressalentes;
- v. Elaborar planos de manutenção.

A sua aplicação permite não apenas a execução de atividades, preventivas, corretivas ou preditivas, permite que a empresa esteja em constante melhoria em relação aos seus processos de manutenção. A Figura 02 explana de uma maneira mais compacta a relação da engenharia de manutenção com as outras manutenções.

Figura 02 – Engenharia de manutenção.



Fonte: Adaptado de Kardec & Nascif, (2009).

Como pode ser observado na figura acima, a engenharia de manutenção é um *mix* de todos os outros tipos de manutenção, reunindo suas principais características e aplicando junto a essas um processo de melhoria contínua.

2.4 Qualidade e manutenção

O setor de qualidade e de manutenção estão fortemente relacionados dentro do ambiente organizacional, uma vez que a qualidade do produto final está ligada diretamente ao desempenho do processo produtivo e conseqüentemente dos maquinários inseridos nele.

Segundo Paladini (2004), o foco principal de toda organização é suprir a necessidade dos seus clientes fornecendo produtos finais com qualidade e no tempo certo. A qualidade desejada, por vezes não sai do papel e muito disso se deve ao fato que esta está relacionada a diversos fatores que precisam funcionar de forma harmoniosa dentro do ambiente organizacional para que a qualidade desejável possa se tornar realidade, dentre os principais fatores responsáveis pelo alcance da qualidade desejada está o fator manutenção.

A manutenção, se aplicada da maneira correta, se torna um aliado importantíssimo na busca pela excelência dos produtos, uma vez que um plano de manutenção bem elaborado combinado à uma execução técnica e correta, podem elevar o nível de confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, dando folga suficiente para o setor de produção e qualidade executarem o plano produtivo sem que seja necessário sacrificar algum aspecto fundamental na busca pela excelência do produto final.

A fim de corresponder com as necessidades do setor de qualidade da empresa, o setor de manutenção deve aplicar metodologias e ferramentas que possam auxiliar no processo de manutenção e, principalmente, que forneçam embasamento técnico suficiente para que a empresa possa alcançar um nível de falhas baixo ou, se possível, zero, dentro do processo produtivo. Dentre as ferramentas mais utilizadas estão o *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), e a ferramenta 5 Porquês.

2.5 FMEA

Segundo Pereira (2011), a FMEA, quando aplicada corretamente, ajuda as empresas a identificar as causas e os efeitos das falhas mais frequentes de um sistema produtivo ou de um produto qualquer. O FMEA é uma ferramenta muito utilizada pelas organizações no combate às falhas no geral, seja ela operacional ou falha nos equipamentos. Kardec e Nascif (2017) corroboram afirmando que a ferramenta é um conjunto de lógicas que priorizam as principais falhas apontando ações corretivas para as tais.

Segundo Fernandes (2005), os passos necessários para a aplicação do FMEA são os seguintes:

- i. Listar os modos de falhas existentes e os potenciais;
- ii. Identificar os efeitos dos modos de falha e sua respectiva gravidade;
- iii. Identificar todas as causas possíveis para cada modo de falha e a frequência de falhas atribuída a cada causa;
- iv. Identificar a técnica utilizada para identificar o modo de falha e o grau de detectabilidade da falha;
- v. Calcular o Número de Prioridade de Risco (NPR) e definir as ações necessárias para eliminar ou diminuir a ocorrência da falha.

Segundo Pinto & Xavier (2012), para poder aplicar o passo a passo apresentado acima, alguns conceitos devem ser compreendidos, sendo esses:

- i. Modo de falha: o modo como a falha se apresentou ou veio a ocorrer;
- ii. Causa: o que fez com que o modo de falha viesse a ocorrer;
- iii. Efeito: consequência da falha;
- iv. NPR: trata-se de um valor utilizado para determinar o quão prioritária será a falha e pode ser calculado por meio do produto de três variáveis: a frequência de ocorrência da falha (F), a gravidade da falha (G), e o grau de detectabilidade da falha (D).

Ainda segundo Pinto & Xavier (2012), os valores atribuídos às variáveis utilizadas no cálculo do NPR variam e se comportam de acordo com o Quadro 02.

Quadro 02 – Fatores para calcular o NPR

Variável do NPR	Classificação	Peso
Frequência – F	Improvável	1
	Muito pequena	2 a 3
	Pequena	4 a 6
	Média	7 a 8
	Alta	9 a 10
Gravidade – G	Apenas perceptível	1
	Pouca importância	2 a 3
	Moderadamente grave	4 a 6
	Grave	7 a 8
	Extremamente grave	9 a 10
Detectabilidade – D	Alta	1
	Moderada	2 a 5
	Pequena	6 a 8
	Muito pequena	9
	Improvável	10
NPR	Baixo	1 a 50
	Médio	50 a 100
	Alto	100 a 200
	Muito Alto	200 a 1000

Fonte: Adaptado de Pinto & Xavier, (2012).

O Quadro 02 explana os parâmetros adotados por esses autores, porém os mesmos podem ser adaptáveis à pesquisa, de acordo com a realidade da organização.

Embora seja uma técnica não muito recente, tendo surgido em meados da década de 60 a aplicação do FMEA continua sendo bastante estudada por diversos autores, para as mais diferentes finalidades (GARCIA, 2000). Oidella *et al* (2018) buscou demonstrar a utilidade desta ferramenta para o gerenciamento de riscos em processos industriais e administrativos. Matos & Cecconello (2019) propuseram a integração do FMEA com o QFD (*Quality Function Deployment* – Desdobramento da Função Qualidade) no desenvolvimento de produto em uma empresa de automação. Já Felix *et al* (2018) aplica o FMEA com o objetivo de levantar as principais práticas inseguras nas atividades de manutenção de vagões.

Na gestão da manutenção, Villarini *et al* (2017) aplica o RCM, baseado em FMEA, para sistemas fotovoltaicos, com o objetivo de criar um novo plano de manutenção e obter valores mais baixos de RPN com maior confiabilidade do sistema. Alimohammadi & Adl

(2014), buscam determinar a qualidade do sistema de manutenção e os efeitos de seus componentes nas falhas de fornos de duas empresas produtoras de gesso, por meio do FMEA. Já Wang et al (2012) utiliza a ferramenta para quantificar a gravidade dos acidentes pessoais e da poluição ambiental, fazendo uso de informações subjetivas derivadas de especialistas no domínio.

Na indústria têxtil, em específico, Luís (2013) faz uso da ferramenta com a finalidade de melhorar a realidade do setor de manutenção da empresa, devido à quantidade excessiva de paradas emergenciais nas máquinas. De maneira similar, Cássia *et al* (2019), realizou um estudo de caso em uma indústria têxtil de pequeno porte com o objetivo de aplicar a ferramenta FMEA atrelada aos princípios da metodologia 5W1H, para tentar diminuir o tempo despendido para a execução das atividades de manutenção.

De uma forma geral, Hammet (2006) afirma que a aplicação da ferramenta FMEA contribui para o desenvolvimento da empresa, uma vez que diversas informações e benefícios são gerados com a sua aplicação, como por exemplo:

- i. Proporciona uma evolução no conhecimento dos colaboradores acerca dos problemas encontrados nos processos e produtos;
- ii. Gera registros que podem ser utilizados visando melhorar continuamente os processos e produtos;
- iii. Proporciona um aumento significativo da confiabilidade do processo e do produto, assim como na qualidade e segurança;
- iv. Inspira os colaboradores a trabalharem de forma harmoniosa, promovendo o senso de proatividade na equipe, diminuindo assim a incidência das ações emergenciais de manutenção;
- v. Promove a organização das informações acerca das falhas.

A princípio, pensando na viabilidade para aplicação do FMEA, não se deve realizar o estudo em todos os equipamentos da fábrica, mas, sim, escolher o equipamento mais crítico do processo produtivo, ou seja, aquele que compromete de forma mais grave o processo quando uma falha é apresentada. Para a determinação do equipamento crítico podem ser utilizadas algumas metodologias, dentre elas a classificação ABC.

2.6 Classificação ABC

Segundo o *Japan Institute of Plant Maintenance (JIMP)* (1995), a metodologia de classificação ABC é a ferramenta adequada quando se deseja avaliar uma linha de produção quanto à criticidade dos equipamentos nela inseridos. Esta consiste em analisar alguns pontos e atribuir classificações a esses e, junto a um fluxograma decisional, determinar a criticidade do equipamento. O Quadro 03 explana os critérios avaliados na aplicação da classificação ABC.

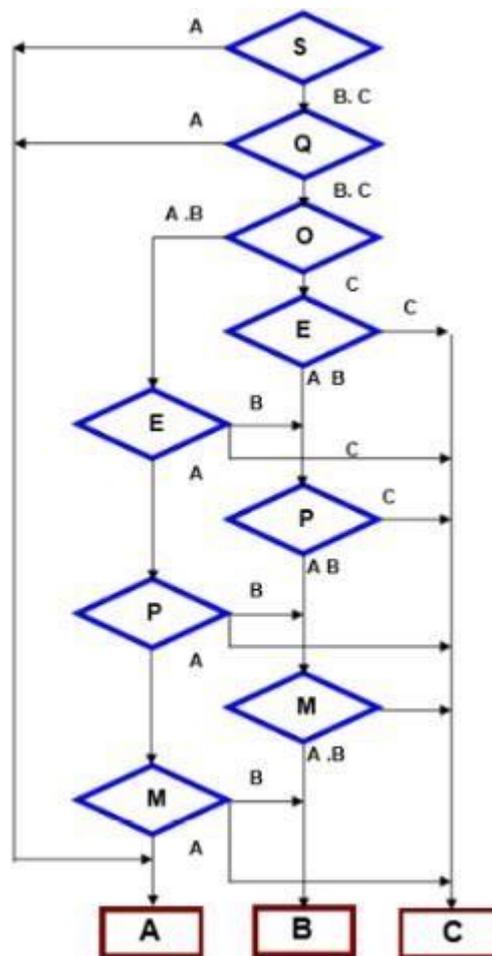
Quadro 03 – Critérios da classificação ABC

Fatores de avaliação	Critérios de avaliação		
	A	B	C
Segurança e meio ambiente - S	Caso sofra parada, provoca acidente grave e problema de contaminação com meio ambiente	Caso sofra parada, pode provocar algum tipo de acidente, porém só material, mas não com o meio ambiente	Caso sofra parada, sem possibilidades de provocar qualquer tipo de acidente, nem tampouco com o meio ambiente
Qualidade do produto - Q	Caso sofra parada, haverá com certeza queda de qualidade e geração de refugos podendo gerar reclamações de clientes	Caso sofra parada, haverá possíveis queda de qualidade e poucos refugos, sem possibilidade de reclamações de clientes	Caso sofra parada, não haverá queda de qualidade e poucos refugos, sem possibilidades de reclamações de clientes
Condição de operação - O	Tempo de utilização da máquina ou equipamento acima de 90% ao mês	Tempo de utilização da máquina ou equipamento de 50% à 90% ao mês	Tempo de utilização da máquina ou equipamento abaixo de 50% ao mês
Condições de entrega - E	Caso sofra uma parada, pode parar uma linha de produção sem nenhuma alternativa a curto prazo	Caso sofra uma parada, pode parar uma linha de produção, porém com alternativas imediatas	Caso sofra uma parada, não interfere na linha de produção, e com outras alternativas imediatas
Índice de paradas (Confiabilidade) – P	MTBF abaixo de 15 horas	MTBF acima de 15 até 30 horas	MTBF acima de 30 horas
Manutenibilidade - M	MTTR acima de 2 horas	MTTR de 1 a 2 horas	MTTR abaixo de 1 hora

Fonte: Adaptado de JIMP, (1995).

Segundo JPIM (1995), os fatores podem ser avaliados de três formas distintas: avaliação tipo A, tipo B ou tipo C, onde o tipo A corresponde a alto impacto, tipo B a médio impacto e tipo C a baixo impacto. Posteriormente a essa avaliação, deve ser efetuada a análise do fluxograma decisional, onde, por meio desse, é definido o grau de criticidade de cada equipamento da linha de produção. A Figura 03 ilustra esse fluxograma.

Figura 03 – Fluxograma decisional da classificação ABC



Fonte: JPIM, (1995).

Com o auxílio do fluxograma decisional é possível determinar o quão crítico é determinado equipamento, ou seja, o quão importante ele é para o sistema produtivo.

2.7 5 Porquês

A ferramenta 5 Porquês, assim como o Diagrama de Causa e Efeito, Diagrama de Inter-Relacionamento e a Árvore de Realidade Atual, é muito difundida e utilizada quando se deseja identificar as causas raízes de determinadas falhas (George, 2007). Segundo Murugaiah *et al* (2010), os 5 Porquês é uma das ferramentas mais utilizadas pelas empresas para obter uma melhora na qualidade da eficiência geral do equipamento.

Segundo Murugaiah *et al* (2015), se utilizado da maneira correta, ela poderá ser fundamental para a determinação da causa raiz de determinada falha, dando assim liberdade para as empresas elaborarem plano de ações corretivas a curto prazo e, a longo prazo, plano de ações preventivas.

Logo abaixo é posto um exemplo da aplicação da ferramenta 5 Porquês, de Ohno (1998):

Tabela 01 – Exemplo da aplicação da ferramenta 5 Porquês

Questão 01: Por quê o robô parou?
Resposta: O circuito está sobrecarregado, causando a queima de um fusível.
Questão 02: Por quê o circuito está sobrecarregado?
Resposta: Não havia lubrificação suficiente nos rolamentos, então eles travaram.
Questão 03: Por quê houve lubrificação insuficiente nos mancais?
Resposta: A bomba de óleo do robô não está circulando óleo suficiente.
Questão 04: Por quê a bomba não está circulando óleo suficiente?
Resposta: A entrada da bomba está entupida com lascas de metal.
Questão 05: Por quê a ingestão está entupida com lascas de metal?
Resposta: Pois não há filtro na bomba.

Fonte: Adaptado de Ohno, 1998.

A primeira questão levantada no exemplo acima foi por que o robô parou, cuja causa raiz dessa falha foi a ausência de um filtro na bomba de óleo. Assim, é possível observar que o problema inicial, antes visto como mais complicado, foi desdobrado e transformado em um problema fácil de ser resolvido, a instalação de um simples filtro na bomba de óleo.

3 METODOLOGIA

O presente capítulo aborda a metodologia adotada para o desenvolvimento do estudo de caso, dividindo-se em três subcapítulos, sendo esses, caracterização da pesquisa, caracterização do objeto de estudo e coleta e tratamento de dados.

3.1 Caracterização da pesquisa

Segundo Lehfeld (1991), um evento é caracterizado como pesquisa científica quando um procedimento sistemático é realizado com a finalidade de analisar fatos reais e propor melhorias. As pesquisas científicas podem ser classificadas de diferentes formas: quanto à abordagem podem ser qualitativas ou quantitativas; quanto à natureza podem ser básicas ou aplicadas; quanto aos objetivos podem ser de caráter exploratório, descritiva ou explicativa; quanto aos procedimentos podem ser experimentais, bibliográficas, documentais, de campo, *ex-post-facto*, de levantamento, com *survey*, estudo de caso, participante, de ação, etnográfica ou etnometodológica; e quanto aos procedimentos a pesquisa pode ser classificada como estudo de caso e pesquisa bibliográfica, onde segundo Alves-Mazzotti (2006), o objeto de estudo de uma pesquisa pode ser um indivíduo, um grupo de indivíduos, uma organização ou um evento; no estudo em questão foi considerada uma organização.

Para esta pesquisa, fez-se necessária a realização de uma revisão bibliográfica através da leitura de livros, artigos e trabalhos de conclusão de curso, tendo como palavras-chave manutenção, gestão da manutenção, FMEA e indústria têxtil, o que levou à aquisição do embasamento teórico indispensável para realizar o trabalho.

A pesquisa é de natureza aplicada, com objetivo de agregar novos conhecimentos, proporcionando o desenvolvimento e aprimoramento de processos ou produtos da empresa (CODEMEC RJ, 2014). Quanto aos objetivos, é de caráter exploratório, onde, segundo Gil (2002), implica em explorar os problemas da empresa a fundo e propor soluções. Em relação a abordagem adotada, caracteriza-se como qualitativa, uma vez que foram realizadas diversas entrevistas não-estruturadas e informais para coletar informações que só permitiam uma análise qualitativa, visando o desenvolvimento do estudo e a aplicação do FMEA.

3.2 Caracterização do objeto de estudo

O presente estudo foi realizado em uma indústria têxtil de médio porte localizada em Jaguaruana, uma cidade do litoral-leste do estado do Ceará. A empresa foi fundada em 2013 e conta com 110 colaboradores, onde 17 desses fazem parte da equipe de manutenção, 4 da equipe de supervisores, 6 da equipe da capatazia, 3 almoxarifes, 4 do setor de finanças e pessoal, 13 da equipe de expedição, 2 da equipe de serviços gerais e 61 da equipe de produção. Os colaboradores possuem uma jornada de trabalho de 8 horas diárias, estando distribuídos nos turnos A, B, C e Comercial, 06:00 h às 14:00 h, 14:00 h às 22:00 h, 22:00 h às 06:00 h, 07:00 h às 11:00 h e 13:00 h às 17:00 h, respectivamente.

O mix de produtos da empresa é composto por diferentes tipos de fio de algodão, sendo esses, fio 8/1, 16/1, 20/1, 24/1, 26/1, 28/1 e 30/1, sendo 8/1 o mais grosso e 30/1 o mais fino, esses são vendidos para diversos estados brasileiros, sendo os principais: Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco.

A empresa conta com duas linhas de produção, uma linha com material 100% algodão e uma linha com material subproduto, uma mistura de algodão e poliéster com outros materiais. Ambas as linhas ficam em pleno funcionamento em todas as 24 horas do dia, 7 dias por semana, evidenciando a importância desse estudo uma vez que os maquinários estando sempre em funcionamento aumentam a probabilidade de ocorrência de uma falha inesperada.

3.3 Coleta e tratamento de dados

A empresa em estudo apresenta uma demanda interna de serviços de manutenção muito alta, uma vez que possui diversos maquinários que estão em pleno funcionamento 24 horas por dia. Pelo fato de fazer parte da equipe de manutenção, o pesquisador teve livre acesso para acompanhar as duas linhas de produção e assim analisar de forma mais precisa as demandas requeridas.

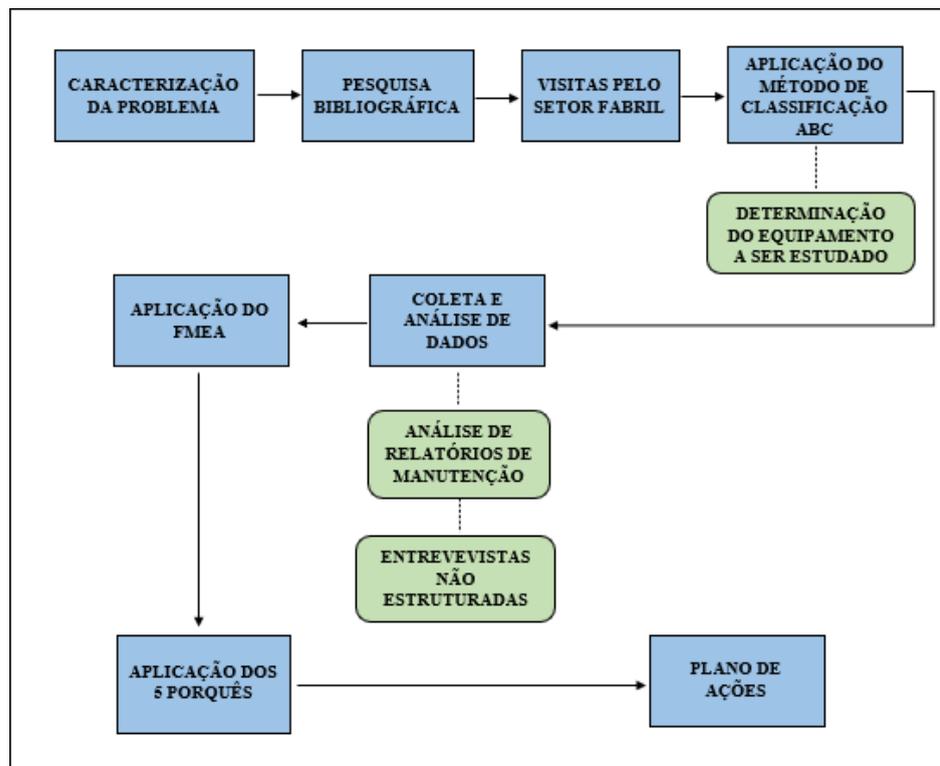
Já estando a par das necessidades da empresa, foi realizada uma pesquisa bibliográfica a fim de tomar embasamento teórico para poder aplicar as técnicas necessárias para solucionar os problemas. Foram realizadas visitas pelo setor fabril a fim de compreender o funcionamento do processo produtivo. Diante da grande quantidade de equipamentos observados, percebeu-se que seria inviável realizar uma análise detalhada de todos eles, sendo então necessário aplicar o método de classificação ABC para selecionar os equipamentos

quanto à sua criticidade e importância para a linha de produção. Uma vez feita essa classificação, foi determinado qual equipamento seria utilizado como objeto de estudo.

De posse dessa informação, foi realizada a análise de alguns relatórios de manutenção para o equipamento em questão, compreendendo um período de 45 dias (27/01/2020 – 11/03/2020). Foram analisados alguns dados referentes à manutenção, como o tipo de ação que havia sido executada e quantas vezes certa falha havia ocorrido. Em seguida, a fim de complementar as informações coletadas nos relatórios, foram realizadas entrevistas não estruturadas com alguns mecânicos e eletricitas da empresa, para que se ter uma maior compreensão dos problemas oriundos do equipamento em análise.

Os procedimentos descritos tornaram possível a aplicação de algumas ferramentas, a começar pelo FMEA, com o objetivo de analisar os modos e efeitos de falha do equipamento, bem como suas causas. Em seguida, foi aplicado os 5 Porquês, com a finalidade de identificar as causas raízes dos problemas encontrados. Por último foi elaborado um plano de ação com a finalidade de eliminar as falhas identificadas no estudo. O fluxograma apresentado na Figura 04 ilustra o passo a passo para realização da pesquisa.

Figura 04 – Metodologia da pesquisa



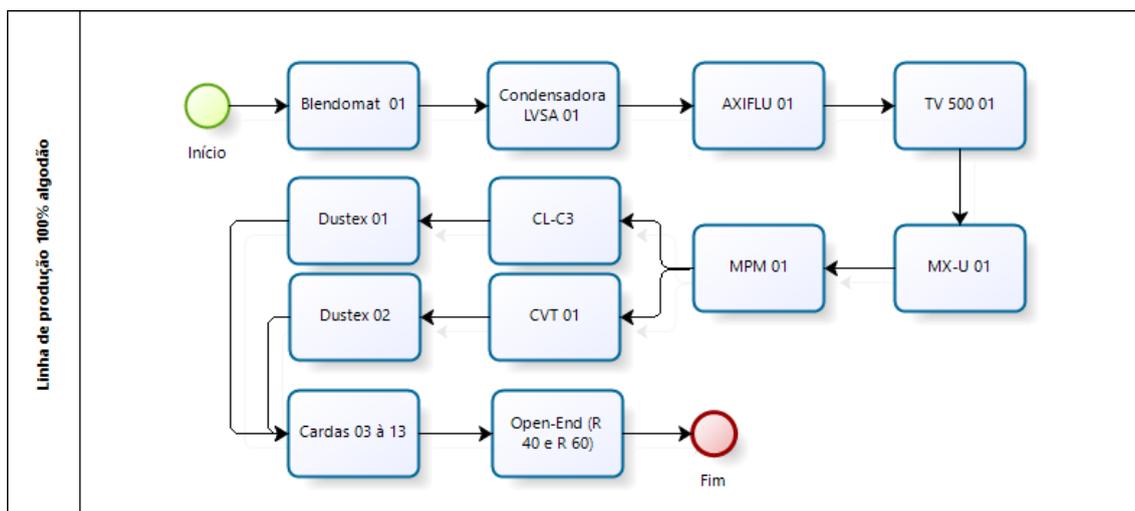
4 RESULTADOS

Nesse capítulo será explanado os resultados do estudo, detalhando as duas linhas de produção da fábrica, apresentando a análise dos equipamentos destas, a escolha do equipamento crítico, a aplicação do FMEA e a aplicação dos 5 Porquês, para, por fim, apresentar um plano de ações visando solucionar os problemas encontrados.

4.1 Processo produtivo

O processo produtivo se inicia com a chegada do pedido do cliente, uma vez que a empresa trabalha com um sistema puxado de produção. Com a confirmação do pedido, a ordem de produção é gerada e repassada adiante. A Figura 05 explana o processo seguinte à confirmação da ordem de produção, ou seja, corresponde ao caminho percorrido pela matéria-prima na linha de produção, desde a fase inicial, quando esta ainda está compactada em fardos, até o último passo, que é a transformação final da matéria-prima em fio.

Figura 05 – Linha de produção 100% algodão



Fonte: Autor (2020).

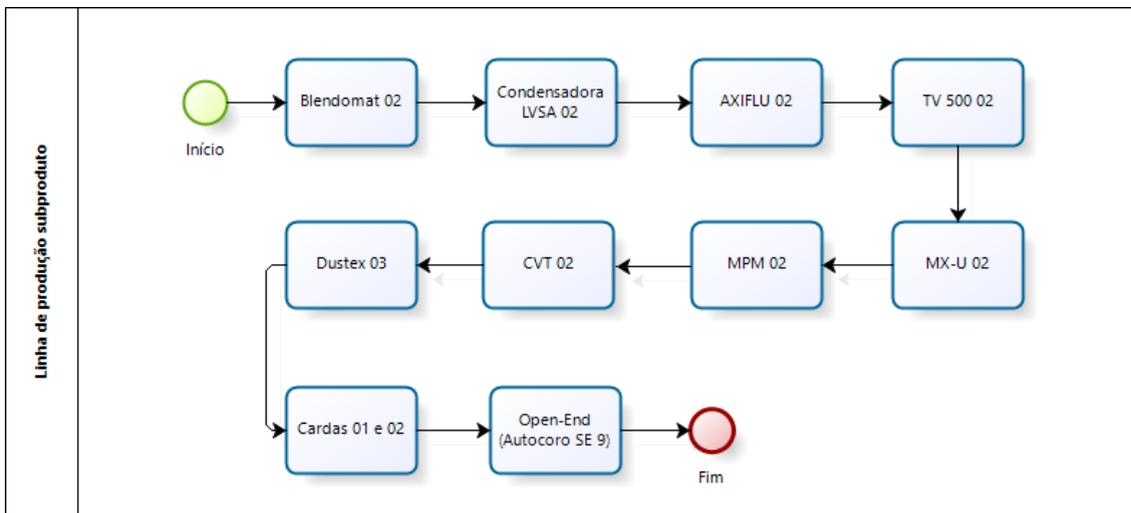
Como observado, o processo de transformação segue uma sequência lógica, começando no *Blendomat* e finalizando na *Open-End*, as quais iniciam e finalizam o processo

produtivo, respectivamente. A seguir, serão descritas as funções destas e das demais máquinas que compõem a linha de produção:

- ❖ *Blendomat* 01: abrir o algodão que está inicialmente compactado em fardos, separando-o em pedaços menores;
- ❖ Condensadora LVSA 01: limpar o algodão e transportá-lo para o restante da linha;
- ❖ AXIFLU 01: limpar o algodão retirando as cascas e a poeira existente no material;
- ❖ TV 500 01: transportar o algodão para o restante da linha;
- ❖ MX-U 01: misturar o algodão para que o mesmo fique o mais homogêneo possível;
- ❖ MPM 01: misturar o algodão para que o mesmo fique o mais homogêneo possível;
- ❖ CL-C3: limpar o algodão retirando as cascas e a poeira existente no material;
- ❖ CVT 01: limpar o algodão retirando as cascas e a poeira existente no material;
- ❖ Dustex 01: limpar o algodão e transportá-lo para as cardas;
- ❖ Dustex 02: limpar o algodão e transportá-lo para as cardas;
- ❖ Cardas: retirar o restante da sujeira do algodão, penteá-lo e transformá-lo em uma fita que será depositada de maneira organizada em um latão;
- ❖ *Open-End* R 40: transformar a fita de algodão em fio, podendo esse variar a sua espessura de acordo com a necessidade;
- ❖ *Open-End* R 60: transformar a fita de algodão em fio, podendo esse variar a sua espessura de acordo com a necessidade;

De forma similar à linha de produção 100% algodão, a linha de produção subproduto percorre um trajeto definido, que começa na máquina *Blendomat* e finaliza na *Open-End*. A Figura 06 mostra o percurso feito pelo input, material subproduto, até se tornar fio, output.

Figura 06 – Linha de produção subproduto



Fonte: Autor (2020).

Logo abaixo estão listados os maquinários e suas devidas funções no processo de transformação da matéria-prima em produto final, considerando a linha subproduto:

- ❖ *Blendomat 02*: abrir o algodão que está inicialmente compactado em fardos, separando-o em pedaços menores;
- ❖ *Condensadora LVSA 02*: limpar o algodão e transportá-lo para o restante da linha;
- ❖ *AXIFLU 02*: limpar o algodão retirando as cascas e a poeira existente no material;
- ❖ *TV 500 02*: transportá-lo para o restante da linha;
- ❖ *MX-U 02*: misturar o algodão para que o mesmo fique o mais homogêneo possível;
- ❖ *MPM 02*: misturar o algodão para que o mesmo fique o mais homogêneo possível;
- ❖ *CVT 02*: limpar o algodão retirando as cascas e a poeira existente no material;
- ❖ *Dustex 03*: limpar o algodão e transportá-lo para as cardas;
- ❖ *Cardas*: retirar o restante da sujeira do algodão, penteá-lo e transformá-lo em uma fita que será depositada de maneira organizada em um latão;
- ❖ *Open-End SE 9*: transformar a fita de algodão em fio, podendo esse variar a sua espessura de acordo com a necessidade.

Como pode-se observar, as duas linhas de produção juntas contam com 38 maquinários, sendo dessa forma inviável realizar a análise proposta no trabalho a todos eles,

tornando-se necessário selecionar o equipamento mais crítico. Essa seleção foi realizada por meio da aplicação da Classificação ABC.

4.2 Determinação do equipamento crítico: Classificação ABC

Para a determinação do equipamento crítico do processo produtivo foi utilizado o método de classificação ABC, o qual promove a análise de 5 fatores: (1) segurança e meio ambiente, (2) qualidade do produto, (3) condição de operação, (4) condições de entrega, (5) índice de paradas e manutenibilidade. Posteriormente, foram atribuídas avaliações para cada um desses fatores, de acordo com o grau de impacto que uma falha no equipamento pode acarretar a estes. Uma classificação A representa uma avaliação forte, B uma avaliação média e C uma avaliação fraca.

Em seguida, foi realizada uma análise do fluxograma de criticidade que, de acordo com as avaliações atribuídas a cada fator, percorre um caminho que direciona à conclusão acerca do grau de criticidade do equipamento avaliado. Nos Quadros de 04 a 14 são apontadas as classificações dos 11 tipos de equipamentos utilizados nas duas linhas de produção, 100% algodão e subproduto.

❖ *Blendomat:*

Quadro 04 – Classificação ABC – *Blendomat*

Fatores	Avaliação
Segurança e meio ambiente – S	B
Qualidade do produto – Q	C
Condição de operação – O	B
Condições de entrega – E	A
Índice de paradas – Confiabilidade – P	B
Manutenibilidade – M	B

Fonte: Autor (2020).

❖ **Condensadora LVSA:****Quadro 05** – Classificação ABC – Condensadora LVSA

Fatores	Avaliação
Segurança e meio ambiente - S	C
Qualidade do produto - Q	C
Condição de operação - O	B
Condições de entrega - E	A
Índice de paradas - Confiabilidade - P	C
Manutenibilidade – M	C

Fonte: Autor (2020).

❖ **AXIFLU:****Quadro 06** – Classificação ABC – AXIFLU

Fatores	Avaliação
Segurança e meio ambiente – S	C
Qualidade do produto – Q	C
Condição de operação – O	B
Condições de entrega – E	A
Índice de paradas – Confiabilidade – P	C
Manutenibilidade – M	C

Fonte: Autor (2020).

❖ **TV 500:****Quadro 07** – Classificação ABC – TV 500

Fatores	Avaliação
Segurança e meio ambiente – S	C
Qualidade do produto – Q	C
Condição de operação – O	B
Condições de entrega – E	B
Índice de paradas – Confiabilidade – P	C
Manutenibilidade – M	C

Fonte: Autor (2020).

❖ **MX-U:****Quadro 08** – Classificação ABC – MX-U

Fatores	Avaliação
Segurança e meio ambiente – S	B
Qualidade do produto – Q	C
Condição de operação – O	A
Condições de entrega – E	A
Índice de paradas – Confiabilidade – P	C
Manutenibilidade – M	B

Fonte: Autor (2020).

❖ **MPM:****Quadro 09** – Classificação ABC – MPM

Fatores	Avaliação
Segurança e meio ambiente – S	B
Qualidade do produto – Q	C
Condição de operação – O	A
Condições de entrega – E	A
Índice de paradas – Confiabilidade – P	C
Manutenibilidade – M	B

Fonte: Autor (2020).

❖ **CVT:****Quadro 10** – Classificação ABC – CVT

Fatores	Avaliação
Segurança e meio ambiente - S	B
Qualidade do produto - Q	B
Condição de operação - O	B
Condições de entrega - E	B
Índice de paradas - Confiabilidade - P	C
Manutenibilidade - M	B

Fonte: Autor(2020).

❖ **CL-C3:****Quadro 11** – Classificação ABC – CL-C3

Fatores	Avaliação
Segurança e meio ambiente – S	B
Qualidade do produto – Q	B
Condição de operação – O	B
Condições de entrega – E	B
Índice de paradas – Confiabilidade – P	C
Manutenibilidade – M	B

Fonte: Autor (2020).

❖ **Dustex:****Quadro 12** – Classificação ABC – Dustex

Fatores	Avaliação
Segurança e meio ambiente – S	C
Qualidade do produto – Q	C
Condição de operação – O	B
Condições de entrega – E	A
Índice de paradas - Confiabilidade - P	C
Manutenibilidade – M	C

Fonte: Autor (2020).

❖ **Carda:****Quadro 13** – Classificação ABC – Carda

Fatores	Avaliação
Segurança e meio ambiente – S	B
Qualidade do produto – Q	B
Condição de operação – O	B
Condições de entrega – E	B
Índice de paradas - Confiabilidade - P	A
Manutenibilidade – M	A

Fonte: Autor (2020).

❖ **Open-End:****Quadro 14** – Classificação ABC – Open-End

Fatores	Avaliação
Segurança e meio ambiente – S	B
Qualidade do produto – Q	A
Condição de operação – O	A
Condições de entrega – E	A
Índice de paradas – Confiabilidade – P	C
Manutenibilidade – M	A

Fonte: Autor (2020).

Ao analisar os quadros acima e relacioná-los ao fluxograma decisional da Figura 03, pode-se observar que o caminho traçado pelas avaliações individuais de cada fator leva à conclusão que os equipamentos listados possuem as seguintes avaliações de criticidade:

- ❖ *Blendomat*: classe B;
- ❖ Condensadora LVSA: classe C;
- ❖ AXIFLU: classe C;
- ❖ TV 500: classe C;
- ❖ MX-U: classe B;
- ❖ MPM: classe B;

- ❖ CVT: classe C;
- ❖ CL-C3: classe C;
- ❖ Dustex: classe C;
- ❖ Carda: classe B;
- ❖ *Open-End*: classe A.

Portanto, dos 11 equipamentos analisados, apenas 1 se enquadrou na classe A, o *Open-End*, sendo esse definido como equipamento de alta criticidade. Este é responsável por transformar a fita de algodão em fio. Por ser considerado o equipamento crítico, ele requer uma atenção maior por parte da equipe de manutenção. Dessa forma, foi realizada uma análise do histórico de manutenções desse equipamento para tornar possível a aplicação das ferramentas necessárias para auxiliar na elaboração do plano de ações.

4.3 Análise do histórico de manutenções

Com a finalidade de analisar os modos de falhas que levam às paradas na produção para realização de ações de manutenção, foi feita uma coleta desses dados considerando um intervalo de 45 dias, mais precisamente, do dia 27/01/2020 a 11/03/2020, o qual corresponde ao período exato de um ciclo de manutenção das máquinas em análise, ou seja, a cada 45 dias a máquina é parada para realização da manutenção preventiva. O Quadro 15 ilustra os modos de falha apresentados na máquina *Open-End* e suas devidas frequências, assim como suas porcentagens individuais e acumuladas.

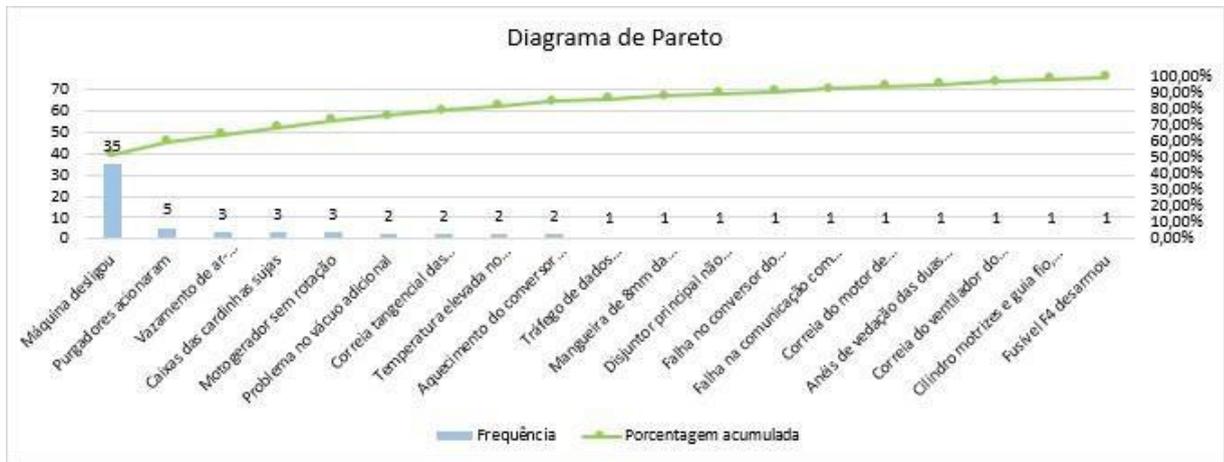
Quadro 15 – Modos de falha da máquina *Open-End*

Modos de falha	Frequência	Porcentagem acumulada	Porcentagem individual
Máquina desligou	35	52,24%	52,24%
Purgadores acionaram	5	59,70%	7,46%
Vazamento de ar-comprimido	3	64,18%	4,48%
Caixas das cardinhas sujas	3	68,66%	4,48%
Motogerador sem rotação	3	73,13%	4,48%
Problema no vácuo adicional	2	76,12%	2,99%
Correia tangencial das cardinhas quebrada	2	79,10%	2,99%
Temperatura elevada no conversor do motor dos rotores do lado esquerdo	2	82,09%	2,99%
Aquecimento do conversor de redução de amplitude da cabeceira principal	2	85,07%	2,99%
Tráfego de dados interrompido	1	86,57%	1,49%
Mangueira de 8mm da cabeceira de acionamento, danificada	1	88,06%	1,49%
Disjuntor principal não secciona	1	89,55%	1,49%
Falha no conversor do rotor esquerdo	1	91,04%	1,49%
Falha na comunicação com a TG	1	92,54%	1,49%
Correia do motor de aspiração fora de posição	1	94,03%	1,49%
Anéis de vedação das duas caixas dos guias da cabeceira principal desgastados	1	95,52%	1,49%
Correia do ventilador do vácuo adicional danificada	1	97,01%	1,49%
Cilindro motrizes e guia fio, danificados	1	98,51%	1,49%
Fusível F4 desarmou	1	100,00%	1,49%
TOTAL	67		

Fonte: Autor (2020).

Para realizar a seleção dos modos de falha a serem estudados foi utilizada a ferramenta Diagrama de Pareto, que consiste em um gráfico de barras responsável por ilustrar determinadas ocorrências (no caso em estudo, paradas para manutenção) em ordem decrescente, com o intuito de evidenciar as ocorrências mais frequentes. O Gráfico 01 corresponde ao Diagrama de Pareto dos modos de falha da máquina *Open-End*.

Gráfico 01 – Diagrama de Pareto



Fonte: Autor (2020).

Analisando o gráfico acima foi possível tirar as seguintes conclusões acerca dos 19 modos de falha:

- ❖ Máquina desligou, responsável por 52,24% das intervenções da equipe de manutenção;
- ❖ Purgadores acionaram, responsável por 7,46% das intervenções da equipe de manutenção;
- ❖ Vazamento de ar-comprimido, responsável por 4,48% das intervenções da equipe de manutenção;
- ❖ Caixas das cardinhas sujas, responsável por 4,48% das intervenções da equipe de manutenção;
- ❖ Motogerador sem rotação, responsável por 4,48% das intervenções da equipe de manutenção;
- ❖ Problema no vácuo adicional, responsável por 2,99% das intervenções da equipe de manutenção;
- ❖ Correia tangencial das cardinas quebrada, responsável por 2,99% das intervenções da equipe de manutenção;
- ❖ Temperatura elevada no inversor do motor dos rotores lado esquerdo, responsável por 2,99% das intervenções da equipe de manutenção;
- ❖ Aquecimento do canal do dissipador do inversor, responsável por 2,99% das intervenções da equipe de manutenção;

- ❖ Tráfego de dados interrompido, responsável por 1,49% das intervenções da equipe de manutenção;
- ❖ Mangueira de 8mm da cabeceira de acionamento danificada, responsável por 1,49% das intervenções da equipe de manutenção;
- ❖ Disjuntor principal não secciona, responsável por 1,49% das intervenções da equipe de manutenção;
- ❖ Falha no conversor do rotor esquerdo, responsável por 1,49% das intervenções da equipe de manutenção;
- ❖ Falha na comunicação com a TG, responsável por 1,49% das intervenções da equipe de manutenção;
- ❖ Correia do motor de aspiração fora de posição, responsável por 1,49% das intervenções da equipe de manutenção;
- ❖ Anéis de vedação das duas caixas dos guia-fios da cabeceira principal desgastados, responsável por 1,49% das intervenções da equipe de manutenção;
- ❖ Correia do ventilador do vácuo adicional danificada, responsável por 1,49% das intervenções da equipe de manutenção;
- ❖ Cilindros motrizes e guia-fios danificados, responsável por 1,49% das intervenções da equipe de manutenção;
- ❖ Fusível F4 desarmou, responsável por 1,49% das intervenções da equipe de manutenção.

A análise realizada demonstra o princípio básico do Diagrama de Pareto, que afirma que aproximadamente 80% das consequências são oriundas de aproximadamente 20% das causas. No presente estudo observa-se que 26,31% dos modos de falhas são responsáveis por 73,13% das falhas inesperadas da máquina *Open-End*.

4.4 Aplicação do FMEA

Para aplicação do FMEA (Quadro 16) foram selecionados os modos de falha responsáveis por cerca de 73,13% das intervenções da equipe de manutenção, que são: máquina desligou, purgadores acionaram, vazamento de ar-comprimido, caixa das cardinhas sujas e motogerador sem rotação.

Quadro 16 – FMEA

Componente	Função	Falha							
		Modo	Causa	F	Efeito	G	Detecção	D	NPR
Rede de ar-comprimido	Distribuir ar-comprimido para a máquina	Vazamento de ar-comprimido	Desgaste das mangueiras e conexões	7	Parada da produção	10	Inspeção visual	6	420
Motogerador	Gerar tensão de comando para a máquina	Máquina desligou	Queda de tensão	8	Parada da produção	10	Inspeção visual	1	80
			Faltou energia	2	Parada da produção	10	Inspeção visual	1	20
		Motogerador sem rotação	Rolamentos danificados	1	Parada da produção	10	Inspeção visual	5	50
Cabeça de medição	Monitora a qualidade do fio	Purgadores acionaram	Componente eletrônico danificado	10	Parada parcial da produção	3	Inspeção visual	5	150
Carcaça da cardinha	Direcionar fibras de algodão até o rotor	Caixa da cardinha suja	Alto teor de impureza na fita	8	Queda na qualidade e rendimento da produção	10	Inspeção visual	5	400

Fonte: Autor (2020).

Analisando o Quadro 16 pode-se tirar algumas conclusões a respeito dos componentes estudados. O primeiro componente, rede de ar-comprimido, tem como função distribuir ar-comprimido para a máquina e apresenta um modo de falha, vazamento de ar-comprimido, causado pelo desgaste das mangueiras e conexões.

O segundo componente, motogerador, tem como função gerar tensão de comando para a máquina e apresentou dois modos de falha: máquina desligou e motogerador sem rotação. Ao primeiro modo de falha estão atribuídas duas causas, queda de tensão e falta de energia; já ao segundo modo de falha está atribuída uma causa, rolamentos danificados.

O terceiro componente, cabeça de medição, tem como função monitorar a qualidade do fio, apresentando um modo de falha, purgadores acionaram, causado pela danificação de um componente eletrônico. O quarto e último componente analisado, a carcaça da cardinha, tem como função direcionar fibras de algodão até o rotor e apresentou um modo de falha, caixa da cardinha suja, causada pelo alto teor de impureza na fita.

Para a determinação das notas atribuídas aos fatores Frequência, Gravidade e Detecção, todos utilizados no cálculo do NPR, foram consideradas as recomendações do Quadro 02. Contudo, para a determinação do peso para o fator detectabilidade, também foi

considerada uma avaliação feita através de parâmetros definidos pelo pesquisador, de acordo com o conhecimento do processo inerente a este. Tais parâmetros podem ser observados no Quadro 17.

Quadro 17 – Parâmetros de detectabilidade

Variável do NPR	Classificação	Peso
Detectabilidade	1 a 2 min para identificar a causa do problema	1
	2 a 5 min para identificar a causa do problema	2 a 5
	5 a 30 min para identificar a causa do problema	6 a 8
	30 a 60 min para identificar a causa do problema	9
	Mais de 60 min para identificar a causa do problema	10

Fonte: Autor (2020).

Após o cálculo dos NPR's, cujos resultados são apresentados no Quadro 16, as causas dos modos de falhas analisados em ordem decrescente são: desgaste das mangueiras e conexões, alto teor de impureza na fita, componente eletrônico danificado, queda de tensão, rolamentos danificados e falta de energia.

Dentro desta análise é possível notar, ainda, que duas das seis causas dos modos de falhas estudados possuem, de acordo com Pinto e Xavier (2012), um NPR considerado muito alto, 420 e 400, significando que essas devem possuir prioridades em relação as demais ao se tratar da realização da manutenção preventiva.

4.5 Aplicação dos 5 Porquês

Para poder elaborar um plano de manutenção preventiva para determinado equipamento, as falhas presentes neste devem ser estudadas e compreendidas. A aplicação do FMEA foi fundamental para a identificação das causas primárias relacionadas às falhas

consideradas no estudo, contudo, foi com a aplicação dos 5 Porquês que foi possível identificar as causas raízes dos problemas, possibilitando, posteriormente, a elaborar um plano de ações preventivas. O Quadro 18 explana a aplicação da ferramenta 5 Porquês.

Quadro 18 – 5 Porquês

Causas primárias	Porquê 1	Porquê 2	Porquê 3	Porquê 4	Porquê 5	Causa raiz
Queda de tensão	O CLP registrou oscilação na rede	A tensão esteve a baixo do permitido por mais de 3 segundos	Houve uma oscilação na rede de fornecimento			Houve uma oscilação na rede de fornecimento
Falta de energia	Interrupção de fornecimento programada, acidade na linha de fornecimento ou defeito na subestação					Interrupção de fornecimento programada, acidade na linha de fornecimento ou defeito na subestação
Componente eletrônico danificado	Curto circuito no componente	Um purgador defeituoso, cabo de comunicação e alimentação foi quebrado				Um purgador defeituoso, cabo de comunicação e alimentação foi quebrado
Desgaste das mangueiras e conexões	Vida útil ultrapassada					Vida útil ultrapassada
Alto teor de impureza na fita	Alta velocidade de produção das cardas	Produzindo mais fio que fita				Produzindo mais fio que fita
Rolamentos danificados	Vida útil ultrapassada					Vida útil ultrapassada

Fonte: Autor (2020).

Na última coluna do Quadro 18 estão as causas raízes relacionadas às falhas primárias em análise, o que tornou possível elaborar um plano de ações para ser executado visando a mitigação destas.

4.6 Plano de ações

A alta demanda por fio faz com que seja necessário que os maquinários estejam sempre nas suas melhores condições de operação, para que isso seja possível, com base nas análises feitas anteriormente, foi elaborado um plano de ações para solucionar os modos de falha apresentados. O Quadro 19 apresenta as ações propostas para cada uma das causas raízes encontradas, em ordem decrescente, de acordo com o NPR.

Quadro 19 – Plano de ações

Item	Causas raízes	Ação	NPR
1	Vida útil ultrapassada	Antecipar o prazo final da vida útil indicada pelos fabricantes e substituir as mangueiras de Poliuretano por mangueiras de Nylon.	420
2	Produzindo mais fio que fita	Instalação de mais uma unidade de máquina produtora de fita.	400
3	Um purgador defeituoso, cabo de comunicação e alimentação foi quebrado	Limpeza preventiva nas cabeças de medição uma vez por mês e verificar semanalmente se os suportes que prendem os cabos na máquina estão bem fixados.	150
4	Houve uma oscilação na rede de fornecimento	Instalação de um motogerador sendo acionado por um motor em paralelo com a máquina.	80
5	Vida útil ultrapassada	Antecipar o prazo final da vida útil indicada pelo fabricante dos rolamentos e substituir os rolamentos em uma parada programada.	50
6	Interrupção de fornecimento programada, acidade na linha de fornecimento ou defeito na subestação	Instalação de um gerador a diesel em paralelo a subestação da empresa.	20

Fonte: Autor (2020).

Acerca das propostas de ações elencadas no quadro acima, para que essas sejam colocadas em prática, a equipe de manutenção deverá se organizar e realizar um planejamento em conjunto com o setor financeiro e administrativo da empresa, uma vez que as ações propostas implicam em custos adicionais para esta. Com isso, se faz necessária uma análise minuciosa dos benefícios que estas possam vir a trazer. O Quadro 20 explana os possíveis benefícios e ganhos relacionados a cada ação, assim como os responsáveis e os investimentos necessários para implementação destas.

Quadro 20 – Análise das ações propostas

Causa raíz	Ação	Benefícios	Investimentos	Responsável
Vida útil ultrapassada	Antecipar o prazo final da vida útil indicada pelos fabricantes e substituir as mangueiras de Poliuretano por mangueiras de Nylon	Evitar paradas inesperadas por vazamentos de ar-comprimido, evitando dessa forma perda de produção e de qualidade da bobina de fio	Compra de mangueira de Nylon	Coordenador de manutenção
Produzindo mais fio que fita	Instalação de mais uma unidade de máquina produtora de fita	A produção de fita poderá ser aumentada em até 9%, suprimindo a demanda necessária sem que comprometa a qualidade da fita	Compra de uma Carda	Gerente de manutenção
Um purgador defeituoso, cabo de comunicação e alimentação foi quebrado	Limpeza preventiva nas cabeças de medição uma vez por mês e verificar semanalmente se os suportes que prendem os cabos na máquina estão bem fixados	Evitar perda parcial de produção e de qualidade	Horas de trabalho da equipe elétrica	Equipe elétrica
Houve uma oscilação na rede de fornecimento	Instalação de um motogerador sendo acionado por um motor em paralelo com a máquina	Evitar paradas inesperadas por queda de tensão, aumentando a disponibilidade do maquinário para o setor de produção	Compra de um motogerador	Gerente de manutenção
Interrupção de fornecimento programada, acidade na linha de fornecimento ou defeito na subestação	Instalação de um gerador a diesel em paralelo a subestação da empresa	Evitar perdas de produção relacionadas a falta de fornecimento de energia	Compra de um gerador a diesel	Gerente de manutenção
Vida útil ultrapassada	Antecipar o prazo final da vida útil indicada pelo fabricante dos rolamentos e substituir os rolamentos em uma parada programada	Evitar paradas inesperadas e aumento da vida útil dos motores	Compra de rolamentos	Mecânico líder de Open-End

Fonte: Autor (2020).

Como pode ser visto no quadro acima, algumas ações são de fácil aplicação, como, antecipar o prazo final da vida útil indicada pelos fabricantes e substituir as mangueiras de

Poliuretano por mangueiras de Nylon; realizar limpeza preventiva nas cabeças de medição uma vez por mês e verificar semanalmente se os suportes que prendem os cabos na máquina estão bem fixados; e antecipar o prazo final da vida útil indicada pelo fabricante dos rolamentos e substituir os rolamentos em uma parada programada. Contudo, para que as ações que não são de fácil aplicação possam ser aplicadas, a alta administração da empresa deverá realizar uma análise de viabilidade econômica para cada um dos investimentos apontados no Quadro 20.

Embora exista um plano de manutenção que contemple ações preventivas para a máquina em estudo a cada 45 dias, essa não está sendo suficiente para manter a máquina funcionando com desempenho adequado durante este período de tempo, com isso se torna imprescindível analisar a fundo as ações propostas acima.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscando sempre se sobressair perante seus concorrentes, as empresas buscam adotar estratégias que impulsionem seu faturamento e conseqüentemente seus lucros. Novas estratégias podem ser aplicadas em diversos setores da empresa, inclusive no setor de manutenção, onde tem se tornado cada vez mais comum a aplicação de ferramentas para solucionar falhas e aumentar a disponibilidade e confiabilidade dos maquinários.

Com o presente estudo foi possível observar o quão eficiente e vantajoso pode ser a aplicação do FMEA quando realizada da maneira correta. Através da sua aplicação, somada à utilização da ferramenta 5 porquês, foi possível identificar as causas raízes dos principais modos de falha observados na máquina *Open-End*, com isso foi possível propor um conjunto de ações de manutenção para serem aplicadas com o intuito de sanar ou reduzir a ocorrência desses modos de falha.

Para que os resultados fossem os melhores possíveis, foi necessário adquirir um conhecimento mais aprofundado acerca das ferramentas utilizadas, assim como do objeto de estudo, nesse caso a máquina *Open-End*. Isso incluiu diversas entrevistas informais com alguns membros da equipe de manutenção, uma vez que os registros utilizados na análise do histórico de atividades de manutenção não tinham todas as informações necessárias. Pode-se apontar a dificuldade em realizar essas entrevistas, uma vez que os funcionários estavam sempre muito atarefados com as atividades de rotina, como um dos fatores mais limitantes do presente estudo.

Como sugestão para trabalhos futuros indica-se aplicar as ações propostas no plano de ações e fazer um levantamento do ganho de eficiência produtiva dos maquinários com a aplicação destas; fazer uma relação entre o tempo perdido com paradas inesperadas dos maquinários, a perda de produção e o faturamento da empresa e; aplicar o FMEA para os demais maquinários do processo produtivo abordado.

REFERÊNCIAS

- FERNANDES, JOSÉ MÁRCIO RAMOS. Proposição de abordagem integrada de métodos da qualidade baseada no FMEA. **Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba**, 2005.
- ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith. Usos e abusos dos estudos de caso. **Cadernos de pesquisa**, v. 36, n. 129, p. 637-651, 2006.
- CARDOSO, JORGE LUIZ; DE SOUZA, MARCOS ANTONIO; ALMEIDA, LAURO BRITO. Perfil do contador na atualidade: um estudo exploratório. **Revista Base (Administração e Contabilidade) da UNISINOS**, v. 3, n. 3, p. 275-284, 2006.
- NETTO, C. Brandao wady, **A importância da faculdade e a aplicabilidade de manutenção produtiva total nas indústrias**, juiz de fora, 2008.
- SILVEIRA, Denise Tolfo; CORDOVA, Fernanda Peixoto. Unidade 2–A pesquisa científica. **Métodos de pesquisa**, v. 1, p. 31, 2009.
- MURUGAIAH, Uthiyakumar et al. Redução de perda de sucata usando a análise de 5 porquês. **International Journal of Quality & Reliability Management** , 2010.
- WANG, Yuqiao et al. Development of a risk-based maintenance strategy using FMEA for a continuous catalytic reforming plant. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 25, n. 6, p. 958-965, 2012.
- SILVA, Diego Luís Izidoro. ANÁLISE DE FALHAS MECÂNICAS EM MÁQUINAS DE PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL. 2013.
- COSTA, Mariana de Almeida. Gestão estratégica da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional. **Trabalho de Diplomação, UFJF, Juiz de Fora**, 2013.
- TROJAN, Flavio; MARÇAL, Rui Francisco Martins; BARAN, Leandro Roberto. Classificação dos tipos de manutenção pelo método de Análise Multicritério ELECTRE TRI. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, p. 343-357, 2013.
- ALIMOHAMMADI, Iraj; ADL, Javad. The study of Influencing Maintenance Factors on Failures of Two gypsum Kilns by Failure Modes and Effects Analysis (FMEA). **Iranian Journal of Health, Safety and Environment**, v. 1, n. 2, p. 89-94, 2014.
- BENJAMIN, Samuel Jebaraj; MARATHAMUTHU, M. Srikamaladevi; MURUGAIAH, Uthiyakumar. O uso da técnica 5-WHYs para eliminar a perda de velocidade do OEE em uma empresa de manufatura. **Journal of Quality in Maintenance Engineering** , 2015.
- PANZIERI, Carolina; FRACAROLLI, Rodrigo Lanzoni. O USO DE FMEA NA AVALIAÇÃO DE DEFEITOS: ESTUDO DE CASO EM UMA ESTAMPARIA TÊXTIL. **Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP**, v. 11, n. 1, 2016.

BARAN, Leandro Roberto; TROJAN, Flávio. Uma revisão e análise comparativa das técnicas para determinar a criticidade dos sistemas e equipamentos em plantas industriais. **Revista ESPACIOS| Vol. 37 (Nº 08) Año 2016**, 2016.

VILLARINI, Mauro et al. Optimization of photovoltaic maintenance plan by means of a FMEA approach based on real data. **Energy Conversion and Management**, v. 152, p. 1-12, 2017.

OIDELLA, Júlio Cesar; DE AGUIAR, Jairo Leonardi; GODARTH, Kellerman Augusto Lemes. Aplicação da metodologia FMEA na validação de processos administrativos e industriais na Flessak Eletro Industrial S/A/Application of the FMEA methodology in the validation of administrative and industrial processes at Flessak Eletro Industrial S/A. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 4, p. 1139-1155, 2018.

FELIX, Josemar Coelho et al. Proposição de melhorias em segurança por meio da aplicação do fmea: um estudo de caso em uma empresa do setor ferroviário. **Tecno-Lógica**, v. 22, n. 2, p. 147-156, 2018.

CLEMENTE, Joyce Lohrainny Pimenta. Impacto dos indicadores de manutenção no indicador disponibilidade física de equipamentos de mina. 2018.

MATOS, Vágner Souza; CECCONELLO, Ivandro. Integração QFD/FMEA no desenvolvimento de produto: um estudo de caso de uma empresa de automação. **Scientia cum Industria**, v. 7, n. 2, p. 108-116, 2019.

DE CÁSSIA TEIXEIRA, Laíne; SILVA, Shirley Lima; DA SILVA, Estefânia Paula. Aplicação da ferramenta FMEA em uma Indústria Têxtil de Pequeno Porte. **Gestão da Produção em Foco Volume 38**, p. 17.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM-Planejamento e Controle da manutenção**. Qualitymark Editora Ltda, 2002.

ABNT, NBR. 5462: Confiabilidade e manutenibilidade. **Rio de Janeiro**, p. 6, 1994.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Aquino Nascif. **Manutenção: função estratégica**. Qualitymark, 2009.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Aquino Nascif. **Manutenção: função estratégica**. Qualitymark, 2012.

BRANCO FILHO, Gil. **A Organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Ciência Moderna, 2008.

PALADINI, Edson Pacheco. Gestão da qualidade: teoria e prática. In: **Gestão da qualidade: teoria e prática**. 2010. p. 339-339.

PEREIRA, MARIO JORGE. Engenharia de manutenção: teoria e prática. rev. **Rio de Janeiro, RJ: Ciência Moderna**, 2011.