UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

MÁGNA LUIZA DA SILVA

APLICAÇÃO PRÁTICA DO CICLO PDCA PARA MELHORA DO PROCESSO DE ESTIRAGEM DE FIBRA DE POLIÉSTER

Recife
2019

MÁGNA LUIZA DA SILVA

APLICAÇÃO PRÁTICA DO CICLO PDCA PARA MELHORA DO PROCESSO DE ESTIRAGEM DE FIBRA DE POLIÉSTER

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito básico para obtenção do grau de bacharel em engenharia mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Ivan Vieira de Melo.

Recife

2019

Catalogação na fonte
Bibliotecário Josias Machado, CRB-4 / 1690

S586a Silva, Mágna Luíza da.
Aplicação prática do ciclo PDCA para melhora do processo de estiragem de fibra de poliéster / Mágna Luíza da Silva. – Recife, 2019.
83f., il., figs., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ivan Vieira de Melo.
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Graduação em Engenharia Mecânica, 2019.
Inclui referências e apêndice.

1. Engenharia Mecânica. 2. Ciclo PDCA. 3. Melhoria contínua. 4. Fibra de poliéster. 5. Controle de qualidade. I. Melo, Ivan Vieira de (Orientador). II. Título.

UFPE

621 CDD (22. ed.) BCTG/2020-33

MÁGNA LUIZA DA SILVA

APLICAÇÃO PRÁTICA DO CICLO PDCA PARA MELHORA DO PROCESSO DE ESTIRAGEM DE FIBRA DE POLIÉSTER

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito básico para obtenção do grau de bacharel em engenharia mecânica.

Aprovada em: 04 de dezembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Ivan Vieira de Melo (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

_____

Prof. Dr. Antônio Marques da Costa Soares Junior
Universidade Federal de Pernambuco

_____

Prof.ª. Drª. Mônica Santos de Araújo Abreu
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho aos meus pais, Luiz Alexandre da Silva Filho e Maria José da Silva. Vocês me impulsionaram a ser a pessoa que sou hoje, digna e batalhadora. A Deus.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais (Luiz Alexandre da Silva Filho e Maria José da Silva) por todo comprometimento e amor durante toda minha vida, aos meus irmãos (Luiz Eduardo da Silva e José Arthur da Silva) por sempre estarem do meu lado e a todo momento zelarem pelo meu bem estar, a minha avó materna (Severina Maria das Chagas) por todo suporte e carinho, ao meu namorado (Guilherme Nishisaky Bezerra Lins) por toda paciência e amor dedicados a mim.

Agradeço também aos meus amigos, que me deram suporte emocional para que eu chegasse até aqui.

Agradeço a empresa júnior de Engenharia Mecânica da UFPE, EIXO Consultoria, que me acrescentou experiência profissional e social, aos membros dessa organização que me fizeram sentir prazer em trabalhar em suas companhias.

Sinto imensa gratidão pelos meus companheiros de universidade (NOJO FC), que comigo foram persistentes e não me deixaram desistir.

Agradeço a Ivan Coelho, Lívia Azevedo e Jair Ramos por serem meus mentores e me auxiliarem no decorrer do meu estágio.

Agradeço a todos que passaram pela minha vida deixando marcas eternas em meus pensamentos.

Por fim, fica aqui meu agradecimento maior ao Senhor nosso Deus, que vem me proporcionando resultados na vida muito além do que mereço.

RESUMO

A melhoria contínua, é um conceito de grande relevância para a vitalidade das indústrias em geral. Segundo esse preceito e com visão de redução de perdas e de improdutividade, uma indústria de fabricação de fibra de poliéster (indústria petroquímica), alocada no município do Cabo de Santo Agostinho, vislumbrou a possibilidade de redução de fibra não produzida relacionada a redução de paradas de máquina, que é consequência de enrolamentos (enroscos) de cabos de fibra na entrada do equipamento de acabamento do produto (etapa final do processo). O trabalho em questão aborda a aplicação da ferramenta do ciclo PDCA para minimização das causas que geram o efeito de enroscamento dos feixes de fibra no início da etapa final do processo (Estiragem). As ações implantadas foram de cunho prático e objetivo, pouco teórico no sentido de aprofundamento físico dos fenômenos abordados, porém todas as etapas do ciclo foram seguidas à risca, como: *Plan* (Planejamento), *Do* (Executar), *Check* (Checar) e *Act* (Agir), para que pudessem definir causas, plano de ação, bem como a realização do acompanhamento e verificação de resultados. Foram utilizadas ferramentas estatísticas básicas, como gráficos de controle e histogramas, para constatação dos valores almejados de enrosco, e baseando-se nesses dados que todas as decisões foram acertadas. Esse trabalho se deu por meio de parceria entre todas as áreas táticas da empresa, qualidade, tecnologia e desenvolvimento, produção e manutenção. O resultado do trabalho foi considerado satisfatório e foi conseguido atingir o objetivo inicial do projeto de melhoria, permitindo o alinhamento e paridade entre as linhas de produção com mesma tecnologia de concepção e desempenhos distintos.

Palavras-chave: Ciclo PDCA. Melhoria contínua. Fibra de poliéster. Controle de qualidade.

ABSTRACT

Continuous improvement is a concept of great relevance to the vitality of industries in general. According to this precept and with a view to reducing losses and unproductivity, a polyester fiber manufacturing industry (petrochemical industry), located in the municipality of Cabo de Santo Agostinho, envisioned the possibility of reducing non-produced fiber related to downtime, which is a consequence of fiber cable windings at the entrance of the product finishing equipment (final process step). The work in question deals with the application of the PDCA cycle tool to minimize the causes that generate the fiber bundling effect at the beginning of the final process step (Stretching). The implemented actions were of a practical and objective nature, not theoretical in the sense of physical deepening of the phenomena addressed, but all the steps of the cycle were strictly followed, as: Plan, Do, Check and Act so that they could define causes, action plan, as well as follow up and verify results. Basic statistical tools were used, such as control charts and histograms, to verify the desired values of the screw, and based on these data that all decisions were correct. This work was done through partnership between all tactical areas of the company, quality, technology and development, production and maintenance. The result of the work was considered satisfactory and was achieved the initial objective of the improvement project, allowing the alignment and parity between the production lines with the same design technology and different performances.

Keywords: PDCA cycle. Continuous improvement. Polyester fiber. Quality control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Unidade repetida do poliéster 19
Figura 2 – Esquema de cadeia polimérica 20
Figura 3 – Esquema da reação entre ácido tereftálico e etileno glicol 22
Figura 4 – Ilustração do funcionamento da fieira, vista pelo ângulo de saída dos filamentos 23
Figura 5 – Exemplo de frisagem no feixe de filamentos na fabricação de fibra de poliéster 23
Figura 6 – Ciclo PDCA 31
Figura 7 – Exemplo genérico de gráfico de controle 32
Figura 8 – Exemplo genérico de histograma 31
Figura 9 – Representação estrutural da matéria prima para produção de poliéster 38
Figura 10 – Esquema sequencial da etapa de polimerização 39
Figura 11 – Esquema sequencial da etapa de fiação 41
Figura 12 – Esquema sequencial da etapa de estiragem 42
Figura 13 – Estrutura de suspensão de cabos da cantre 43
Figura 14 – Captura da tabela de compilação dos enroscos no software Minitab 45
Figura 15 – Conjunto de cilindros de tração à direita e par de rodas dentadas à esquerda 51
Figura 16 – Defletor de mecha da fiação 4 52
Figura 17 – Defletor de mecha da fiação 3 no início do trabalho 52
Figura 18 – Esquema de descentralização dos pratos rotativos do sistema de bambanagem 53
Figura 19 – Pratos rotativos da bambanagem 53
Figura 20 – Esquema do estado de arrumação da fibra no pote quando o sistema de bambanagem está regulado corretamente 54
Figura 21 – Calha acoplada na pinça 55
Figura 22 – Distância calha/feixe na fiação 3 56
Figura 23 – Distância calha/feixe na fiação 4 56

Figura 24 – Pinça hidráulica do sistema de bambanagem para troca de potes 57
Figura 25 – Estrutura do suporte do defletor de mecha, comparação entre a máquina 3 e 4 (a esquerda o defletor f4, a direita o defletor novo f3) 61
Figura 26 – Esquema da estrutura do defletor de mecha 61
Figura 27 – Instalação da pinça reserva na f3 (transporte) 63
Figura 28 – Instalação da pinça reserva na f3 (encaixe) 63
Figura 29 – Instalação da pinça reserva na f3 (ajuste) 64
Figura 30 – Equipamentos de proteção individual 64
Figura 31 – Demonstração da amplitude do defletor do novo defletor de mecha da f3 67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráficos de controle dos enroscos por cantre antes das ações do trabalho (comparativo entre estiragens) 46

Gráfico 2 – Histogramas dos enroscos por cantre antes das ações do trabalho (comparativo entre estiragens) ……..... 47

Gráfico 3 – Gráfico de controle dos enroscos totais em relação a cada cantre da estiragem 3 antes das ações do trabalho …..... 48

Gráfico 4 – Gráfico de controle dos enroscos totais em relação a cada cantre da estiragem 4 antes das ações do trabalho ……..... 48

Gráfico 5 – Histograma dos valores de enroscos totais da estiragem 3 antes das ações do trabalho ……..... 49

Gráfico 6 – Histograma dos valores de enroscos totais da estiragem 4 antes das ações do trabalho ……..... 49

Gráfico 7 – Gráfico de controle dos valores de enrosco da estiragem 3 após a modificativa do defletor de mecha da f3 66

Gráfico 8 – Gráfico de controle dos valores de enrosco da estiragem 4 após o ajuste da base do defletor de mecha da f4 67

Gráfico 9 – Gráfico de controle dos valores de enrosco da estiragem 3 após ajuste de velocidade de bambanagem da f3 68

Gráfico 10 – Gráfico de controle dos valores de enrosco da estiragem 4 após ajuste de velocidade de bambanagem da f4 69

Gráfico 11 – Gráfico de controle dos valores de enrosco da estiragem 3 após instalação da nova pinça em conjunto com a redução de velocidade ao final do curso da mesma (linha 3) 70

Gráfico 12 – Gráfico de controle dos valores de enrosco da estiragem 4 após a redução de velocidade no final de curso da pinça (linha 4) 70

Gráfico 13 – Histograma dos resultados de enroscos totais da estiragem 3 (somatório das ações) 71

Gráfico 14 – Histograma dos resultados de enroscos totais da estiragem 4 (somatório das ações) 72

Gráfico 15 – Gráfico de controle dos resultados de enroscos totais da estiragem 3 (somatório das ações) 73
Gráfico 16 – Gráfico de controle dos resultados de enroscos totais da estiragem 4 (somatório das ações) 73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estrutura do trabalho de conclusão de curso 18
Tabela 2 – Métodos de pesquisa bibliográfica (primeira parte) 34
Tabela 3 – Métodos de pesquisa bibliográfica (segunda parte) 35
Tabela 4 – Métodos de aplicação prática do ciclo PDCA 36
Tabela 5 – Exemplo ao documento para acompanhamento de paradas 44
Tabela 6 – Descrição dos termos mencionados na tabela 5 44
Tabela 7 – Ações definidas em plano de ação 58
Tabela A1 – Valores obtidos para a diferença de produtividade em relação ao número de paradas de cada máquina 82
Tabela A2 – Legenda da tabela A1 83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A.C.	Antes de Cristo
CLP	Controlador Lógico Programável
CPC	Polimerizadores Primários
D_f	Vazão de Polímero na Fiação por Posição (g/min)
E3/4	Estiragem 3 ou 4
E_m	Densidade Linear da Manta (ktex) ou (g/m)
EPI's	Equipamentos de Proteção Individual
et al.	E Outros
F	Número de Furos das Fieiras na Fiação
F3/4	Fiações 3 ou 4
LIC	Limite Inferior de Controle
LSC	Limite Superior de Controle
MEG	Monoetilenoglicol
N°	Número
N_p	Número de Posições Finado na Fiação
P	Produtividade (g)
P_3	Número de Paradas por Cantre da Estiragem 3
P_4	Número de Paradas por Cantre da Estiragem 4
P_c	Número de Potes para Formação da Cantre
PDCA	*Plan, Do, Check and Act*
PET	Poli Tereftalato de Etila
Poli	Polimerizadores Secundários
PTA	Ácido Tereftálico
t	Período em que Desejamos Saber a Produtividade (min)
T&D	Tecnologia e Desenvolvimento
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
T_e	Título da Fibra Acabada (dtex) ou (g/10000m)
T_f	Título da Fibra após a Etapa de Fiação (dtex) ou (g/10000m)
t_t	Tempo de Parada em Caso de Enroscos
T_x	Razão Velocidades de Entrada e Saída na Estiragem (m/min / m/min)
V_c	Velocidade dos Cilindros de Tração na Fiação
V_e	Velocidade Cilindros de Tração na Entrada da Estiragem (m/min)
V_s	Velocidade dos Cilindros de Tração na Saída da Estiragem (m/min)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **16**
1.1 OBJETIVO 17
1.1.1 Objetivo Geral **17**
1.1.2 Objetivos Específicos **17**
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO 18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA **19**
2.1 POLÍMEROS: POLIÉSTER 19
2.2 FIBRA DE POLIÉSTER: HISTÓRIA E FABRICAÇÃO 20
2.2.1 Histórico **21**
2.2.2 Processo de Fabricação **22**
2.3 FERRAMENTA DE QUALIDADE: CICLO PDCA 24
2.3.1 Histórico do controle de qualidade **24**
2.3.2 Melhoria contínua **25**
2.3.3 Ciclo PDCA **26**
2.4 FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS: GRÁFICO DE CONTROLE E HISTOGRAMA 28
2.4.1 Brainstorming **30**
2.4.2 Gráfico de Controle **30**
2.4.3 Histograma **32**
3 METODOLOGIA **33**
3.1 EMPRESA EM ESTUDO 33
3.2 METODOLOGIA DE PESQUISA 33
3.2.1 Pesquisa Bibliográfica **33**
3.2.2 Pesquisa de Campo **35**
3.3 PROCEDIMENTOS, TÉCNICAS E FERRAMENTAS METODOLÓGICAS 36
4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS **38**
4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO 38
4.1.1 Polimerização **38**
4.1.2 Fiação **40**
4.1.3 Estiragem **41**
4.2 *PLAN* (PLANEJAMENTO): DEFINIÇÃO DO PROBLEMA, METAS, ANÁLISE DE SITUAÇÃO E CAUSAS E PLANO DE AÇÃO 42
4.2.1 Definição do problema **43**

4.2.2 Metas 50
4.2.3 Análise de situação e causas 50
4.2.4 Plano de ação 58
4.3 *DO* (EXECUTAR) 60
4.3.1 Divulgação do Plano de Ação 60
4.3.2 Aplicação do Plano de Ação 60
4.4 *CHECK* (VERIFICAR) 65
4.4.1 Resultado da ação de instalação do defletor de mecha 65
4.4.2 Resultado da ação de ajuste das velocidades da bambanagem 68
4.4.3 Resultados das ações de troca da pinça da linha 3 em conjunto com a redução de velocidade no final de curso das pinças em ambas as linhas 69
4.4.4 Resultados dos ajustes de centralização das calhas 71
4.4.5 Resultado geral de todas as ações (Histogramas) 71
4.5 *ACT* (CORRIGIR) 74
4.5.1 Atividades pós acompanhamento de performance (Defletor de mecha) 74
4.5.2 Atividades pós acompanhamento de performance (Ajuste da velocidade bambanagem) 74
4.5.3 Atividades pós acompanhamento de performance (Instalação da pinça e ajuste de velocidade de final de curso da mesma) 75
4.5.4 Atividades pós acompanhamento de performance (Calha da pinça) 75
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 76
5.1 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS 77
REFERÊNCIAS 79
APÊNDICE A – MEMORIAL DE CÁLCULO DA DIFERENÇA DE PRODUTIVIDADE ENTRE AS LINHAS 3 E 4 ANTES DAS AÇÕES DO TRABALHO POR CANTRE 81

1 INTRODUÇÃO

Dentro de um cenário industrial sempre se fez necessário a quebra de paradigmas para que os processos, produtos e equipamentos fossem manipulados de forma a modificar o status vigente (GONZALEZ; MARTINS, 2011). Nesse cenário uma empresa de fabricação de fibras de poliéster situada no município Cabo de Santo Agostinho – PE, recém adquirida (no ano de 2019) por um grupo multinacional (especialistas em fabricação de resinas PET), tem como atividade principal a fabricação de fibra de poliéster e polímero em chips para fabricação de filme.

A fabricação de fibra de poliéster pode ser dividida em três etapas, sendo uma etapa química denominada polimerização e duas etapas físicas de transformação em série denominadas respectivamente fiação e estiragem. Na unidade utilizada para estudo, possui duas polimerizações denominadas PCP 1 e PCP 2, três fiações, denominadas fiação 3, fiação 4 e fiação 5 e três estiragens, denominadas estiragens 3, 4 e 5.

Com o objetivo de melhorar continuamente seus processos, produtos, qualidade e produtividade, foram realizados levantamentos de oportunidades de melhoria nos campos anteriormente explicitados, em que se reuniu os membros de diversas áreas em uma grande reunião para apontamento de problemáticas recorrentes dentro do processo produtivo. Dentre estas oportunidades de melhorias foram identificadas as interrupções de produção. Devido à quebra de cabos (conjunto de filamentos de poliéster provenientes do processo de fiação) na etapa de estiragem (acabamento da fibra), causado por enroscamento deles.

Esses enroscos têm uma maior incidência na estiragem 3 que apresenta a mesma tecnologia estrutural da estiragem 4, a qual tem um nível de enroscos aceitável (valor definido pela empresa baseado em histórico das linhas e na quantidade de refugo gerada). Para realizar os trabalhos de melhoria das linhas melhorando os índices de enroscos da estiragem 3 e, consequentemente, melhorando os índices de refugo da organização, foi designada a área de Tecnologia e Desenvolvimento – T&D a responsabilidade de conduzir o ciclo PDCA.

A metodologia PDCA foi criada com objetivo de solucionamento de problemáticas dentro de uma instituição empresarial (CAMARGO, 2011). Para aplicação desta metodologia, se faz necessária a aplicação de algumas ferramentas

estatísticas que permitem o direcionamento racional para chegada de conclusões a respeito da problemática (MONTGOMERY, 2013).

Nesse contexto, o estudo de caso de redução de enrosco em uma fábrica de produção de fibra de poliéster, pode ser dado partida mediante do seguinte questionamento: Como melhorar os índices de refugo da organização a partir da diminuição do número de interrupções na produção devido à ocorrência de quebra dos cabos na etapa de estiragem?

1.1 OBJETIVO

Para traçar caminhos do trabalho prático e escrito foram definidos objetivo geral e objetivos específicos.

1.1.1 Objetivo Geral

Identificar os principais parâmetros que permitam a equiparação de distintas linhas de produção que possuem tecnologia equivalentes embora apresentem desempenho distintas em uma empresa de fabricação de fibra de poliéster.

1.1.2 Objetivos Específicos

i. Levantar, estudar e aplicar literaturas pertinentes, propostas para uso do PDCA aplicado ao estudo de desempenho do processo;
ii. Avaliar o sistema de produção de poliéster contribuindo na identificação das principais causas que impactam no tempo produtivo;
iii. Definir ferramentas estatísticas cabíveis ao embasamento do PDCA no caso em questão;
iv. Propor alternativas para sanar divergências de desempenho entre linhas de produção distintas;
v. Definir com a equipe de melhoria as propostas consensuais de melhoria em relação ao quadro atual.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 6 capítulos, que abrange Introdução, Revisão Bibliográfica, Metodologia, Aplicação Prática e Resultados, Considerações Finais e Apêndice.

No capítulo em descrição, capítulo 1, se tem a introdução desta monografia, que apresenta apresentar justificativa, objetivos e a estrutura do trabalho em questão.

O capítulo 2 tratou-se todo do embasamento teórico que suporta este trabalho de conclusão de curso, tem como assuntos principais as fibras de poliéster, e outros relacionados a qualidade e estatística.

No 3 será relatada a metodologia, em que se descreve como serão realizados as pesquisas bibliográficas e os modos de aplicação prática.

No capítulo 4 foi relatado todo o desenvolvimento do trabalho em campo e os resultados do mesmo.

O capítulo 5 tratou das considerações finais, se os objetivos foram alcançados e as possibilidades de trabalhos futuros.

No apêndice foi mostrado em detalhes o memorial do cálculo simples de diferença de produtividade de cada linha produtiva.

Em suma, este trabalho segue a estrutura definida na Tabela 1:

TABELA 1 - ESTRUTURA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.

Capítulo	Conteúdo
1	Justificativa, Objetivos e Estrutura do Trabalho.
2	Histórico e desenvolvimento dos temas a serem utilizados neste trabalho: Poliéster, Fibra de Poliéster, Conceitos de Qualidade e Conceitos Estatísticos.
3	Metodologia para pesquisas bibliográficas e realização do trabalho prático.
4	Aplicação e resultados do trabalho com ciclo PDCA.
5	Resultado do trabalho e conclusões. Proposta de trabalho a serem desenvolvidos mediante o resultado obtido por este.
APÊNDICE A	Descrição dos cálculos de produtividade.

Fonte: A autora (2019)

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a definição dos conceitos teóricos aplicáveis ao trabalho em questão, serão tratados a seguir conteúdos explicativos sobre assuntos e ferramentas utilizados como fundamentação para o mesmo.

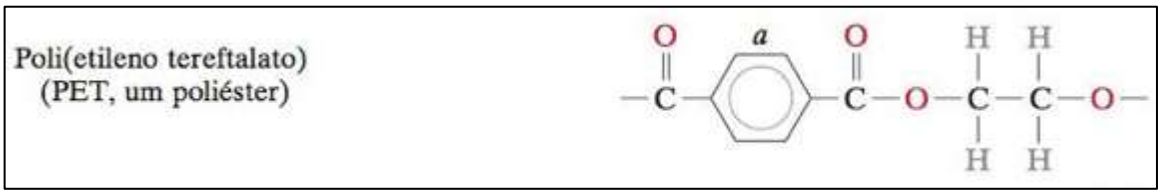
2.1 POLÍMEROS: POLIÉSTER

Para Callister *et al.* (2012) os polímeros são uma classe de materiais que possuem estrutura molecular definida como macromoléculas. Essas macromoléculas têm subdivisões iguais que se repetem, a quais são denominadas de unidades repetidas.

Dentro do universo da formação dos polímeros ainda existe o conceito de monômeros, moléculas de cadeias médias que são sintetizadas para dar origem aos polímeros. Os monômeros são estruturas compostas de unidades repetidas e o polímero são estruturas compostas de monômeros (cadeias mais curtas da unidade de repetição) (CALLISTER *et al.*, 2012).

O poliéster tem a unidade de repetição definida como mostra na Figura 1.

FIGURA 1 - UNIDADE REPETIDA DO POLIÉSTER.

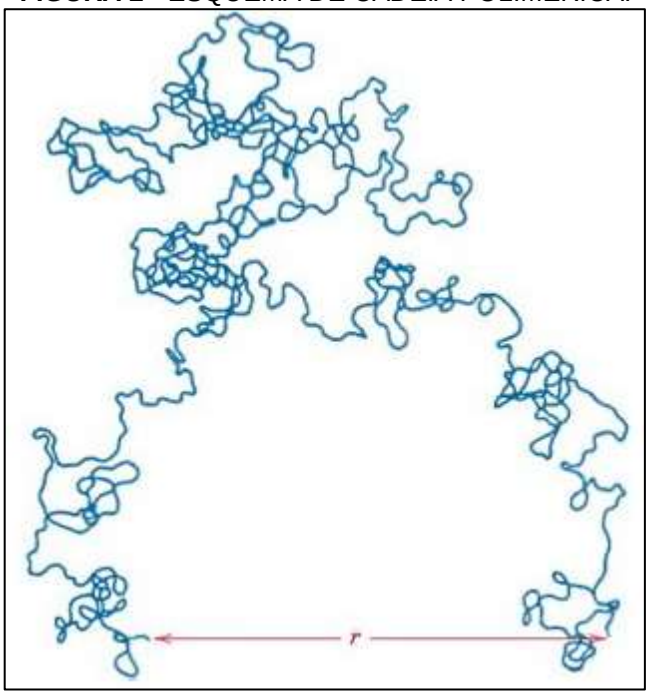


Fonte: CALLISTER *et al.*, (2012).

Na natureza existem os polímeros naturais que tem origem animal e vegetal, tais como madeira, borracha, algodão, seda, lã, couro, enzimas, proteínas, amidos, celulose etc. Com a evolução da ciência, devido a segunda guerra mundial, passaram a ser possíveis fabricação de polímeros sintéticos, que permitiram a substituição total ou parcial de outros materiais poliméricos de origem natural. O poliéster entra na classificação de polímero plástico (CALLISTER *et al.*, 2012).

Na Figura 2 tem a representação de um esquema de uma única cadeia de moléculas de um material polimérico geral.

FIGURA 2 - ESQUEMA DE CADEIA POLIMÉRICA.



Fonte: CALLISTER *et al.* (2012).

2.2 FIBRA DE POLIÉSTER: HISTÓRIA E FABRICAÇÃO

Segundo Callister *et al.* (2012) o poliéster pode ser transformado em fibra segundo método de fabricação próprio que atenda as especificações de definição do termo fibra, que exige um diâmetro de filamento 100 vezes menor que comprimento do mesmo, pelo menos.

Existem muitas aplicações para o produto fibra de poliéster, mas a grande parte do mercado consumidor é o da indústria têxtil, que utiliza essa matéria prima para fabricação de linhas e tecidos com a finalidade de produzir roupas (CALLISTER *et al.*, 2012).

2.2.1 Histórico

Segundo Feitor (2006) na conjuntura da evolução tecnológica e da própria sociedade, as fibras têxteis passaram por uma evolução, visto que havia uma necessidade de se obter uma maior produtividade com um menor custo nos setores industriais, e não podia ser diferente para a indústria têxtil. Essa mudança passou pelo desenvolvimento de fibras sintéticas, que inicialmente pretendiam apenas copiar e aperfeiçoar características naturais.

Com o aumento da população, surgiu por consequência patamar mais elevado do consumo de produtos têxteis o setor agrícola não suportava mais a demanda crescente, logo a fabricação dos artigos sintéticos precisa, por necessidade, serem expandidos. Produtos derivados do petróleo como poliéster, náilon, acrílico etc. ganharam um maior destaque devido a facilidade de processamento (FEITOR, 2006).

O primeiro poliéster sintetizado, na década de 30 do século XIX, foi conseguido de um ácido lático pelos cientistas “Gay-Lussac” e “Pelouze”. Mas foi na década de 40 do século XX que o homem conseguiu obter o produto a partir de ácidos carboxílicos e glicol, maneira mais semelhante a que fazemos hoje industrialmente, graças aos esforços científicos de “Wallace H. Carothes”, químico orgânico da “Universidade de Harvard”, como descreve Feitor (2006).

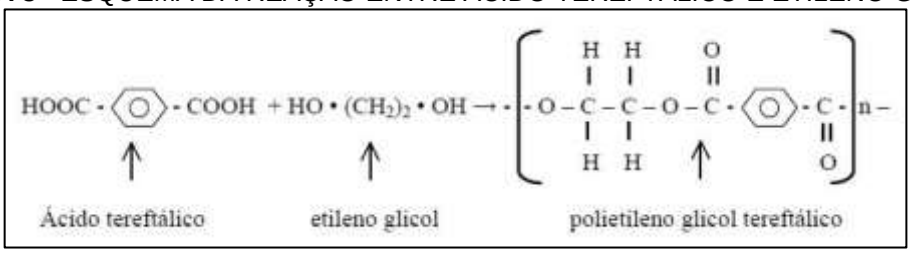
Mais na frente “Carothes” se uniu a outros cientistas em que juntos formavam o grupo “E.I. Du Pont de Nemours & Co.” com o objetivo de conciliar esforços para trabalhar em alinhamento com a Indústria têxtil, de forma não acadêmica, para desenvolvimento de produtos à base de poliéster com propriedades desejáveis (FEITOR, 2006).

Feitor (2006) ainda ressalta que foi só na década de 50 desse mesmo século que surgiu a primeira fibra sintética de poliéster comercializada em grande escala, a fibra em questão era produzida pela empresa “Dupont” a que batizou seu produto com o nome “Dacron”.

Essa fibra e muitas outras depois dessa, desde que fabricadas industrialmente, necessitaram e necessitam vir de sínteses entre elementos químicos específicos do processo de obtenção do poliéster (FEITOR, 2006).

Como já mencionando, e de acordo com Navarro (2007) e Callister *et al.* (2012), um dos álcoois mais utilizados na fabricação de poliéster para fibras como elementos da reação, juntamente com um ácido tereftálico é uma substância dicarboxílica, o etileno glicol, como o esquema da reação é apresentado na Figura 3.

FIGURA 3 - ESQUEMA DA REAÇÃO ENTRE ÁCIDO TEREFTÁLICO E ETILENO GLICOL.



Fonte: NAVARRO (2007)

2.2.2 Processo de Fabricação

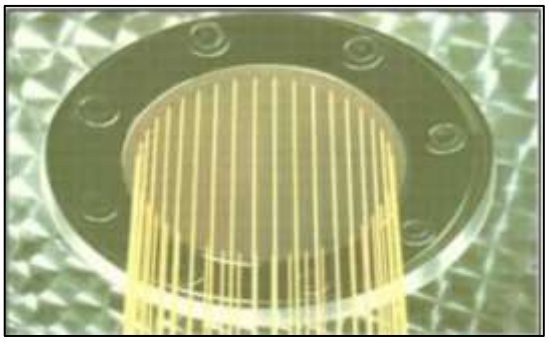
No início do processo ocorre a reação química do ácido tereftálico (PTA) com o monoetilenoglicol (MEG) em uma operação chamada de esterificação, a qual tem o objetivo formar unidades de repetição (éster) (ver Figura 3) sob temperatura e pressões adequadas dentro de um vaso de pressão, que no processo forma também água que precisa ser retirada do processo para o favorecimento do sentido de formação de produto e no sentido contrário da hidrólise (quebra de partículas de água unindo-se a outras partículas quebrando-as) (CALLISTER *et al.*, 2012. FERREIRA *et al.*, 2014).

Segundo Ferreira *et al.* (2014) para que as moléculas de éster, que possuem peso molecular pequeno, se unam em cadeias maiores com peso molecular alto, é preciso que passem pelo processo de polimerização, em que permanecem em um reator (vaso de pressão) sob temperatura e pressão controladas.

Nessa primeira etapa (puramente química), mais especificamente na polimerização, é preciso fazer uso de aditivos, substâncias químicas que promovem características desejadas ao produto final (massa de poliéster fundida), de forma à atribuir ao produtos aspectos distintos de cor, resistência e aceleração da reação (catalizadores), o ultimo permite que a reação seja viável economicamente para a industrialização do processo, ressalta Ferreira *et al.* (2014).

Em seguida a massa de poliéster é forçada a passar por uma matriz, chamada de fieira (Figura 4), que possui orifícios muito pequenos, assim obtendo a formação de filamentos (FERREIRA *et al.*, 2014).

FIGURA 4 - ILUSTRAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DA FIEIRA, VISTA PELO ÂNGULO DE SAÍDA DOS FILAMENTOS.



Fonte: FERREIRA *et al.* (2014)

Porém nessa fase da fabricação os fios ainda não possuem acabamento necessário para a comercialização, para isso é preciso que eles sejam submetidos a um processo chamado estiragem, onde recebem uma tensão constante e aquecimento, com objetivo de diminuição de diâmetro e orientação cristalina do material. Após receber esses esforços, o produto é frisado (amassados em formatos de vai e vem como mostra a Figura 5) para que se assemelhem ao acabamento do algodão, aumentar o atrito e assim facilitar o processamento na fabricação de linhas, tecidos e não tecidos (produtos com entrelaçamento aleatórios das fibras). Imediatamente é conferido ao artigo corte específico, dependendo da aplicação, e embalagem (FERREIRA *et al.*, 2014).

FIGURA 5 - EXEMPLO DE FRISAGEM NO FEIXE DE FILAMENTOS NA FABRICAÇÃO DE FIBRA DE POLIÉSTER.

Fonte: RAMOS *et al.* (2012)

2.3 FERRAMENTA DE QUALIDADE: CICLO PDCA

Para a definição do ciclo PDCA o autor fará uso de uma introdução, nesta estará contida o histórico do controle de qualidade e uma discussão sobre melhoria contínua.

2.3.1 Histórico do controle de qualidade

Para Santos (2015) a percepção de qualidade e agrado dos consumidores com produtos e serviços sempre foi um fator primordial para garantir a comercialização. O primeiro registro dessa preocupação é descrito como “Código Hamurabi”, datado de 2150 A.C.

No decorrer dos séculos, as definições de qualidade sofreram várias modificações, até que chegou no patamar dos novos tempos, em que a qualidade é de suma importância para várias classes e tipos de negócios (SANTOS, 2015).

No século XIX o que era considerado como controle de qualidade se dava de modo simplificados, eram realizados acompanhamentos do sistema produtivo, realizados por pessoas com cargos de liderança, como gerentes e supervisores, o foco era sempre o trabalho realizado pelos operadores e não nos produtos em si, descreve Camargo (2011).

Camargo (2011) ainda relata que nesse período muitos fabricados vinham da origem com kits de reparos, mostrando que o conceito de qualidade era percebido de forma a não priorizar a durabilidade dos produtos.

Foi na década de 20 que “Dr. W Edwards Deming” percebeu que a maneira de inspeção de produtos da época era deficiente pois ocorria somente após a produção, de maneira corretiva, gerando muitos custos. Foi então que ele constatou que essas verificações deveriam também ocorrerem durante a fabricação de maneira preventiva (CAMARGO, 2011).

Podemos então descrever as formas de controle de qualidade através de divisões temporais, as eras, mais precisamente em quatro. Segundo Santos (2015), são elas:

- Primeira: Referente a década de 20, conhecida como era da inspeção na etapa final do produto, ou seja, no produto acabado;
- Segunda: Referente as décadas de 30 e 40, conhecida como era do controle estatístico, acompanhamento de variabilidades do processo;
- Terceira: Referente a década de 50, conhecida como era da garantia da qualidade do produto, quando essa era de responsabilidade do fabricante, e as devidas padronizações de produtos e serviços;
- Quarta: Referente ao período após a década de 80, conhecida como era da gestão estratégica da qualidade, onde se priorizou a melhoria contínua de produtos e processos de maneira proativa, para que pudesse haver competitividade.

Para Camargo (2011) existem critérios de qualidade que necessitam ser considerados importantes para o controle individual de serviços e produtos, que de maneira macro se dá por atender as carências e vontades dos clientes consumidores, estando implícito que pontos como disponibilidade ao mercado, garantia, assistências, modos de aplicação, manuais etc., estão diretamente relacionados.

2.3.2 Melhoria contínua

Para Gonzalez e Martins (2011) mesmo que de maneira não organizada, por vezes, a cultura de melhoria contínua dos processos está ligada as organizações em geral, havendo manutenção saldável das mesmas, podendo dessa forma progredirem e serem competitivas.

Melhoria contínua pode ser descrita como um desenvolvimento em parcelas adicionais dentro de um processo de forma constante. Essas parcelas podem ser tão pequenas que quando observadas separadamente não demonstram grande impressionabilidade, mas que a soma é de extremo valor (GONZALEZ; MARTINS, 2011).

A melhoria contínua pode ser dividida, segundo Shiba *et al.* (1997), pelas formas de resolução de problemas, de três formas distintas, são elas:

- Primeira: Controle, conservação do sistema produtivo;
- Segunda: Reativo, retorno a um estado predeterminado;

- Terceira: Proativo, aumento do desempenho.

De forma a abranger vários pontos de vistas sobre o assunto em questão, é possível afirmar que não somente ferramentas são necessárias para promoção de melhorias, também se faz preciso que haja, em todos os níveis organizacionais, um pensamento progressivo e disseminado do processo de aprimoramento do sistema produtivo, para formação de uma cultura sólida de desenvolvimento (GONZALEZ; MARTINS, 2011).

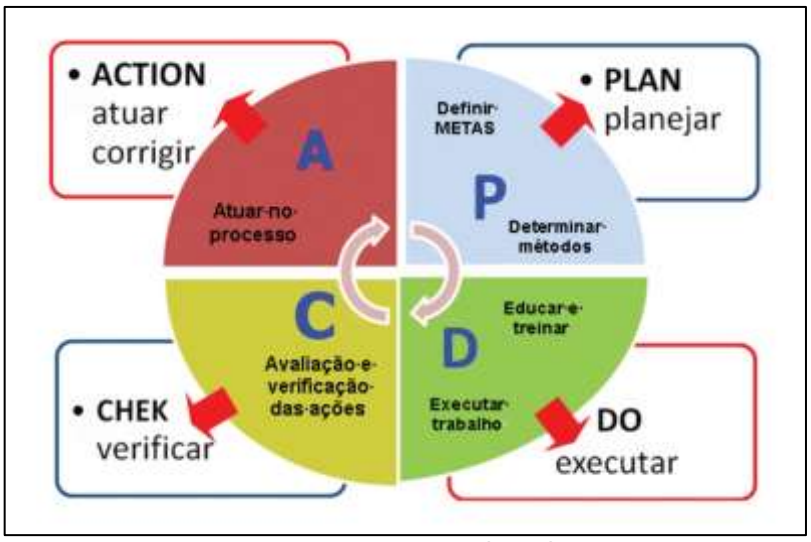
2.3.3 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é uma técnica que caracteriza o processo de melhoria contínua (SANTOS, 2015).

Criada para servir de guias de etapas sequenciais, com objetivo de analisar e melhorar produtos e processos. Desenvolvido por “Walter Shewhart” e disseminado por “Deming”. Possui quatro etapas (Figura 6), segundo Nascimento (2011), Santos (2015) e Camargo (2011), são elas:

- P: *Plan*, etapa destinada a ação de planejar;
- D: *Do*, etapa destinada a ação de executar;
- C: *Check*, etapa destinada a ação de verificar;
- A: *Act*, etapa destinada a ação de corrigir ou atuar.

FIGURA 6 - CICLO PDCA.



Fonte: CAMARGO (2011)

2.3.3.1 Plan (Planejar)

Como defendido por Camargo (2015) e Nascimento (2011) a etapa de planejamento pode ser dividida em subetapas, são elas:

- Localização do problema: Quando há acompanhamento dos dados de qualidade é possível observar variações no processo, como verificação de gráficos de controle e histogramas.

Para Leandro (2008), gráficos de controle são: “[...] gráficos de controle estatístico são meios gráficos que através de uma amostra sequencial revelam quando um processo se altera e necessita de ação corretiva”.

Já a definição de histograma pela visão de Francisco (2015) é:

> [...] uma ferramenta estatística que complementará a análise tida pelo gráfico de controle [...]. O histograma, também conhecido como gráfico de frequências, é tido como uma ferramenta estatística utilizada para representação visual das frequências de acontecimentos de uma variável a ser estudada, simplificando a relação entre as frequências de acontecimentos. (FRANCISCO, 2015, p. 33).

- Estabelecimento de metas: O ponto que desejamos atingir ou o lugar que queremos chegar;
- Análise de situação: Definição de características do problema, descrição do evento;
- Análise de causas: Identificação e priorização das causas do problema, nesse ponto podem ser utilizadas ferramentas de análise de causa raiz, tais como Brainstorming, que segundo Patel (2019) tem a seguinte definição:

> Brainstorming é uma técnica utilizada para propor soluções a um problema específico. Consiste em uma reunião também chamada de tempestade de ideias, na qual os participantes devem ter liberdade de expor suas sugestões e debater sobre as contribuições dos colegas. (Patel, 2019, p. 1).

- Plano de ação: Responsabilização das tarefas e definição de prazos.

2.3.3.2 Do (Executar), Check (Verificar) e Act (Corrigir)

- *Do*:

De modo a respeitar a cultura e filosofia de cada empresa, nessa etapa tudo que foi definido no plano de ação precisa ser posto em prática, respeitando os prazos e escopo de cada atividade (NASCIMENTO, 2011).

Geralmente o êxito dessa etapa tem relação direta com duas fases, sendo elas, segundo Nascimento (2011), indicadas a seguir: Treinamento: Destinada a divulgação do plano de ação a todos os envolvidos no processo; Execução da ação: Execução das atividades com constante acompanhamento do status das mesmas.

- *Check*:

Nesse estágio do ciclo os processos, produtos e o próprio plano de ação devem ser verificados para garantia dos resultados esperados. Essa etapa tem uma importância estratégica para um resultado consistente (CAMARGO, 2015; NASCIMENTO, 2011).

Para análise efetiva, vale avaliar a eficiência das ações com as mesmas ferramentas de percepção do problema inicialmente, validando ou não as ações realizadas (NASCIMENTO, 2011).

- *Act*:

Se as ações implantadas forem definidas como válidas para o objetivo desejado, essas devem se tornar padrão, operações normais da empresa. Porém se a comprovação de eficiência não existir, deve-se corrigir e definir novos caminhos a serem seguidos (CAMARGO, 2015).

2.4 FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS: GRÁFICO DE CONTROLE E HISTOGRAMA

Sobre a relação entre qualidade e estatística, Leandro (2008) afirma que:

> [...] para haver um monitoramento efetivo das características de qualidade de um processo de produção, o uso de ferramentas estatísticas torna-se necessária para detectar, identificar e

> analisar quais são os fatores responsáveis pela variabilidade que afeta de maneira imprevisível o processo. (LEANDRO, 2008, p. 7).

A qualidade total é um processo que visa a melhoria contínua numa organização com o fim de aprimoramento constante, que prega a verificação periódica dos resultados obtidos durante o processo produtivo (CAMARGO, 2015).

Essas verificações têm como foco o processo e o produto, fazendo com que possam atender a clientes exigentes, se posicionar em um aumento de concorrência, competir com rápidas mudanças de mercado, desenvolver com mais eficiências os recursos humanos e melhorar o comprometimento ambiental e social, como sugere Camargo (2015).

Ainda sobre qualidade total, com relação ao conceito de conformidade, Camargo (2015) define como:

> [...] qualquer atividade com o objetivo de afirmar e estabelecer, direta ou indiretamente, que: um processo, um produto, uma pessoa ou serviço atende aos requisitos a ele estabelecido e especificado, obedecendo assim as condições técnicas e de desempenho desejados. (CAMARGO, 2015, p. 26).

Camargo (2015) defini confiabilidade como: “Os produtos e serviços, portanto devem atender e cumprir com as suas funções específicas de uso, de forma adequada, durante um determinado período de tempo (vida útil)”.

E por fim, Camargo (2015) afirma sobre qualidade percebida que: “O ápice da qualidade é quando o cliente consegue perceber que conseguiu mais benefícios em relação aos produtos e serviços do que pagou por eles”.

Na qualidade total existem 10 princípios, segundo Camargo (2015), são eles: Satisfação total do cliente, em que trata de assegurar a satisfação do cliente; Propósito, o que estimula a mudança de pensamento; Postura participativa, a qual se destina a manter todos da equipe bem informados e valorizados; Desenvolvimento de recursos humanos, em que são desenvolvidas as capacidades individuais; Aperfeiçoamento, que visa antecipação de mudanças; Delegar, distribuição de funções dentro trabalho; Eliminar os erros, cultura a ser assimilada pelos membros da equipe de qualidade; Garantia de qualidade, em que os padrões de processo são

planejados e formalizados; Processos gerenciados, tem como objetivo a integralização entre as diversas áreas; Informação, repasse e destinação de responsabilidade e informações a todos os envolvidos.

2.4.1 Brainstorming

O brainstorming é considerado uma forma de solucionar problemas de maneira criativa, que permite uma “tempestade de ideias” (SANTOS, 2015).

Para Santos (2015) podemos definir brainstorming como:

> [...] processo destinado à geração de ideias sobre um assunto definido e na busca por soluções, onde o objetivo do grupo é criar o maior número de ideias acerca deste assunto pré-definido, em um clima agradável e propício à quebra de paradigmas. (SANTOS, 2015, p. 24).

Sobre as regras básicas para aplicação da ferramenta em questão, Santos (2015), destaca:

- Não criticar as ideias apresentadas;
- Apresentar as ideias tal qual elas surgem na cabeça;
- Gerar o maior número possível de ideias;
- Selecionar as ideias relevantes para a solução do problema;
- Apresentar os resultados aos participantes.

2.4.2 Gráfico de Controle

Tem como objetivo principal o acompanhamento de variações do processo. Em que podemos ver no mesmo gráfico, os pontos dados, a marca da média e os limites inferiores e superiores de controle (Figura 7), que nos ajudam a determinar valores de qualidade fora das especificações do sistema produtivo (FRANCISCO, 2015; LEANDRO, 2008).

No eixo horizontal é construído de forma a permitir o acompanhamento do desempenho do processo, visto isso, pode então ser denominado como linha do

tempo, representado de maneira cronológica por data ou número de amostras (MONTGOMERY, 2013).

Segundo Montgomery (2013), os gráficos de controle para descrever desconformidades (erros) são estabelecidos de forma a abranger os limites inferiores e superiores de controle (LIC e LSC), bem como o valor da média. Neste caso, se faz necessário o uso das fórmulas 1 a 3.

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \quad (1)$$

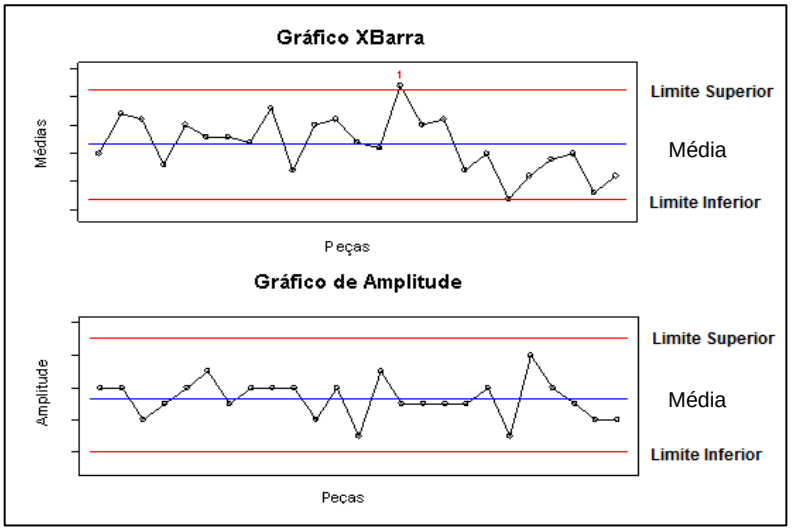
$$LSC = Média + 3\sqrt{\overline{X}} \quad (2)$$

$$LIC = Média - 3\sqrt{\overline{X}} \quad (3)$$

- "$\overline{X}$" representa a média do conjunto de variáveis;
- "i" representa contador das variáveis;
- "n" número de variáveis;
- "LSC" limite superior de controle;
- "LIC" limite inferior de controle.

Ainda para Montgomery (2013), no caso de o limite inferior de controle ser negativo, este deve ser considerado igual a zero (LIC = 0) devido à natureza da análise (que não permite desconformidades negativas).

FIGURA 7 - EXEMPLO GENÉRICO DE GRÁFICO DE CONTROLE.



Fonte: ADAPTADO DE PORTAL ACTION (2019)

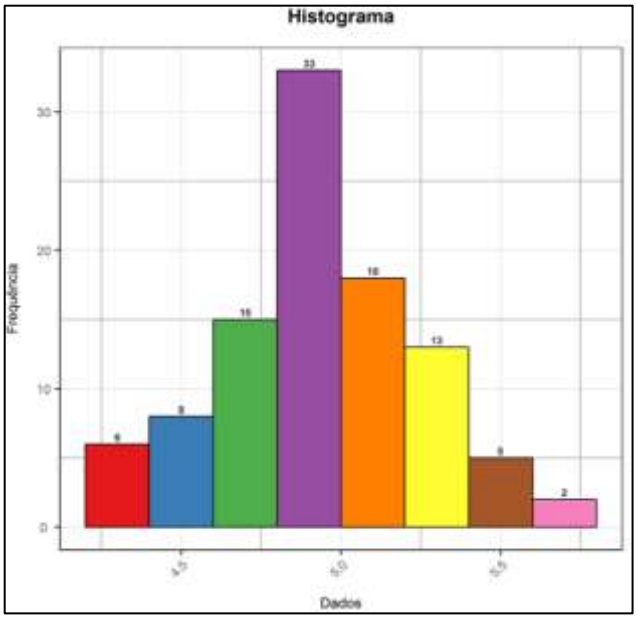
2.4.3 Histograma

Gráfico composto de barras, as quais mostram as frequências de valores obtidos. No eixo vertical é apontada a frequência (grau de reincidência dos dados computados), e no eixo horizontal são apresentados os possíveis valores de qualidade para a variável em análise (Figura 8). Ao cruzar tais informações, podemos perceber a concentração dos valores (FRANCISCO, 2015).

Com relação as análises realizadas a partir de um histograma, Francisco (2015) comenta:

> Algumas análises podem ser feitas por meio do histograma, tais quais como está se comportando a amplitude de distribuição dos dados amostrais, podendo os resultados se apresentarem com maior frequência de ocorrências centralizadas nos limites de especificação, com alta quantidade de dados nas classes centrais e baixa quantidade de dados nas classes extremas. (FRANCISCO, 2015, p. 35).

FIGURA 8 - EXEMPLO GENÉRICO DE HISTOGRAMA.



Fonte: PORTAL ACTION (2019)

3 METODOLOGIA

Com o intuito de iniciação do trabalho, será descrito em que contexto se encontra a empresa alvo do estudo e as ferramentas e formas de utilização destas para o andamento do mesmo.

3.1 EMPRESA EM ESTUDO

Para fim de entendimento e confidencialidade, a empresa que é tratada por esse trabalho, será definida como uma fábrica genérica de produção de fibra de poliéster e terá o nome fictício citado neste capítulo, denominada como FPL.

A FPL está no mercado de fibra de poliéster a mais de 50 anos. O autor está no quadro de estagiários a pouco mais de 1 ano, executando atividades na área de Tecnologia e Desenvolvimento.

FPL situa-se no município do Cabo de Santo Agostinho, grande polo industrial do estado de Pernambuco, que está localizado ao sul da região metropolitana do Recife.

3.2 METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia de pesquisa será dividida em pesquisa bibliográficas e pesquisa de campo, com base na teoria de Gil (2008).

3.2.1 Pesquisa Bibliográfica

Para Gil (2008) a pesquisa bibliográfica é definida pela formação de um conjunto de documentos com bases científicas que proporcionam a capacidade de agregar dados e informações de forma mais abrangente, agregando mais possibilidades.

TABELA 2 - MÉTODOS DE PESQUISA BIBLIOGRÁFICA (PRIMEIRA PARTE).

Local de busca	**Data de Acesso**	**Palavra Chave**	**Documentos Capturados**
Site: < http://www.biblioteca.ufpe.br/pergamum/mobile/consulta.php > Consulta de livro físico (Biblioteca CTG)	21/07/19	Engenharia dos Materiais	CALLISTER *et al.* (2012)
Site: <https://www.google.com/>	10/09/19	Controle de Qualidade Livro	CAMARGO (2011)
Local de busca	Data de Acesso	Palavra Chave	Documentos Capturados
Repasse pessoal	05/11/19	Ciclo PDCA	DO VALE (2018)
Site: < https://repositorio.ufrn.br/jspui/ >	10/09/19	Tecidos Poliéster	FEITOR (2006)
Site: < https://www.unifal-mg.edu.br/portal/>	15/06/19	Fibra de Poliéster	FERREIRA *et al.* (2014)
Site: < http://repositorio.unesc.net/>	15/06/19	Controle Estatístico	FRANCISCO (2015)
Site: < https://scholar.google.com/schhp?hl=pt-BR&as_sdt=0,5 >	18/11/19	Métodos de Pesquisa	GIL (2008)
Site: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=0104-530X&lng=en&nrm=iso>	10/09/19	Melhoria Contínua	GONZALEZ *et al.* (2011)
Site: < https://www2.ufjf.br/ufjf/ >	10/09/19	Ferramenta Estatística	LEANDRO (2008)
Site: < https://scholar.google.com/schhp?hl=pt-BR&as_sdt=0,5 >	18/11/19	Controle Estatístico de Qualidade	MONTGOMERY (2013)
Site: < http://www.icap.com.br/index.php?secao=biblioteca>	10/09/19	Ciclo PDCA	NASCIMENTO (2011)
Site: <http://repositorio.unicamp.br/>	10/09/19	Tecidos de Poliéster	NAVARRO (2007)
Site: <https://www.google.com/>	06/10/19	Brainstorming	PATEL (2019)
Site: <https://www.google.com/>	07/10/19	Histograma	Portal Action (2019)
Site: <https://www.google.com/>	07/10/19	Gráfico de Controle	Portal Action (2019)
Acervo documental interno da empresa em análise	15/06/19	Processo Produtivo	RAMOS et al. (2012)
Site: < https://www.usf.edu.br/>	15/06/19	Ferramentas de Qualidade	SANTOS (2015)

Fonte: A autora (2019)

TABELA 3 - MÉTODOS DE PESQUISA BIBLIOGRÁFICA (SEGUNDA PARTE).

Site: <https://www.google.com/>	**28/10/19**	**EPI**	**SARAIVA (2019)**
Livro adquirido	10/07/19	Gestão de Qualidade	SHIBA *et al.* (1997)
Acervo documental interno da empresa em análise	15/06/19	Processo Produtivo	SILVA (2010)

Fonte: A autora (2019)

Foram priorizados arquivos produzidos depois de 2005, exceto pelo Shiba *et al.* (1997), que é anterior ao período mencionado, porém foi considerado como conteúdo relevante para o entendimento da história da gestão da qualidade, considerado um clássico, o livro tem edição única datada de 1997.

Os tipos de produções priorizadas seguem a sequência em grau de relevância para o autor, do mais relevante para o menos prioritário, devido à natureza do desenvolvimento do trabalho em questão: Trabalhos científicos (TCC), Artigos, Livros, Apostilas, Dissertação e Teses.

São trabalhos científicos as bibliografias: Ferreira *et al.* (2014), Francisco (2015), Leandro (2008), Nascimento (2011), Santos (2015) e Do Vale (2018).

Artigos: Gonzalez (2011), Patel (2019), Portal Action (2019) e Saraiva (2019).

Livros: Callister *et al.* (2012), Shiba *et al.* (1997), Gil (2008) e Montgomery (2013).

Apostilas: Camargo (2011), Silva (2010) e Ramos *et al.* (2012).

Dissertações: Feitor (2006).

Teses: Navarro (2007).

3.2.2 Pesquisa de Campo

Neste aspecto Gil (2008) aborda o interesse pelos membros da equipe de realização do trabalho, visando identificar qualificações, expectativas e capacidades.

Para desenvolvimento das atividades acerca da aplicação do ciclo PDCA na empresa FPL, foi necessária a criação de um grupo de melhoria que tivesse

habilidades multidisciplinares que envolvessem várias áreas da instituição fabril, tais como Manutenção (Mecânica, Elétrica e Instrumentação), Produção, Tecnologia e Desenvolvimento (T&D). O autor deste TCC, como representante do departamento do T&D, teve como principal função a análise dos dados e condução das etapas do ciclo PDCA, direcionado, supervisionado e auxiliando nas atividades relacionadas ao mesmo.

A formação de trabalho foi representada por 7 membros, que desempenharam diversas funções para obtenção dos resultados.

3.3 PROCEDIMENTOS, TÉCNICAS E FERRAMENTAS METODOLÓGICAS

É apresentado de maneira simplificada na Tabela 4 dos métodos a serem utilizados neste trabalho prático.

TABELA 4 - MÉTODOS DE APLICAÇÃO PRÁTICA DO CICLO PDCA.

Ordem	Método	Etapa	Referência
1	Ciclo PDCA	*Plan*	SANTOS (2015), CAMARGO (2011), NASCIMENTO (2011), e PATEL (2019).
		Do	
		Check	
		Act	
2	Ferramentas Estatísticas	Gráfico de controle	FRANCISCO (2015), LEANDRO (2008) e Portal Action (2019)
		Histograma	FRANCISCO (2015) e Portal Acton (2019)
3	Ferramentas de Qualidade	*Brainstorming*	PATEL (2019) e FRANCIESCO (2015)

Fonte: A autora (2019)

O ciclo PDCA deve ser destrinchado como a seguir, visando seguir o modelo descrito por Do Vale (2018) com alterações situacionais:

- *Plan*:
  - Definição do problema, quando o autor fará a análise dos dados fornecidos pela produção, é nesta etapa que ocorre a primeira análise estatística do trabalho, para determinação de condição inicial, utilizando para esse fim o *software* Minitab, visando a praticidade e eficiência da ferramenta computacional para a formação dos tipos de gráficos pretendidos, neste caso, gráficos de controles com sequência cronológica de amostragem e histogramas, como ferramentas de controle de qualidade nesta etapa.
  - Metas, quando o autor, juntamente com os outros membros da equipe, define o alvo que se deseja alcançar com o trabalho em questão.
  - Análise de situação e definição de causas, quando toda equipe é reunida para a definição do problema e causa raiz, para essas etapas será utilizada a ferramenta de qualidade para levantamento e soluções de problemas *Brainstorming*, esse processo deve reunir todos os membros do grupo de melhoria, em que cada pessoa estará livre para dissertar sobre seu entendimento acerca do funcionamento do equipamento, e propor pontos de divergência entre as linhas, assim como define Patel (2019).
  - Plano de ação, toda equipe, com supervisão do autor, elabora um plano de ação para atacar as causas do problema, sem nenhum modelo específico;
- *Do*: Aplicação do plano de ação por toda equipe envolvida com suporte do autor para realização das tarefas;
- *Check*: Análise de dados após cada melhoria definida pelo plano de ação a fim de determinar a eficácia dos mesmos. Nesta etapa se faz a segunda análise estática do trabalho, a fim de verificar eficácia das ações executadas na etapa *Do*, construindo os gráficos de controle para cada etapa de melhoria e o histograma para verificação do todo;
- *Act*: Realização de ajustes e definição de procedimentos baseados nos resultados obtidos durante o trabalho de melhoria.

4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O trabalho em discussão foi desenvolvido para reduzir enroscos de cabos na cantre no processo de estiragem na produção de fibra de poliéster, utilizando para essa finalidade os métodos do ciclo PDCA.

As atividades práticas, desde o início do monitoramento até as últimas verificações, tiveram duração de aproximadamente 150 dias, visando um trabalho mais real e assertivo, menos teórico e consequentemente mais ágil.

Foi um trabalho realizado em parceria entre três áreas da empresa em questão, visando a contribuição técnica e a experiência de todos os envolvidos. Os setores participantes do processo de melhoria, dada pela aplicação da metodologia PDCA, foram os de manutenção, produção e tecnologia & desenvolvimento (T&D). Como já comentado anteriormente, impulsionado pelo setor de T&D, com liderança do autor.

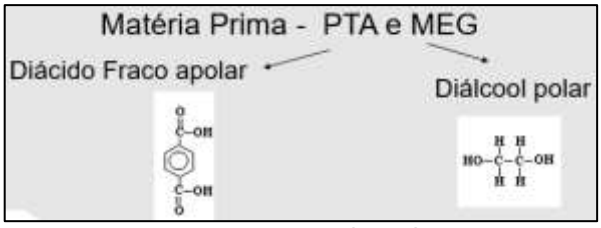
4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O processo de fabricação é dividido em 3 grandes etapas: Polimerização, etapa química; Fiação, etapa intermediaria de caráter termo físico; e Estiragem, etapa física de acabamento.

4.1.1 Polimerização

Essa etapa tem como objetivo a geração de polímero poliéster no estado fundido, sendo produzido a partir das matérias primas principais PTA e MEG, conforme demonstrada na Figura 9, junto com os aditivos necessários para o processamento do cliente e características finais dos produtos a serem obtidos.

FIGURA 9 - REPRESENTAÇÃO ESTRUTURAL DA MATÉRIA PRIMA PARA PRODUÇÃO DE POLIÉSTER.



Fonte: SILVA (2010)

Esse diácido fraco apolar é o Ácido Tereftálico - PTA, e o dialcool polar é o Monoetilenoglicol - MEG.

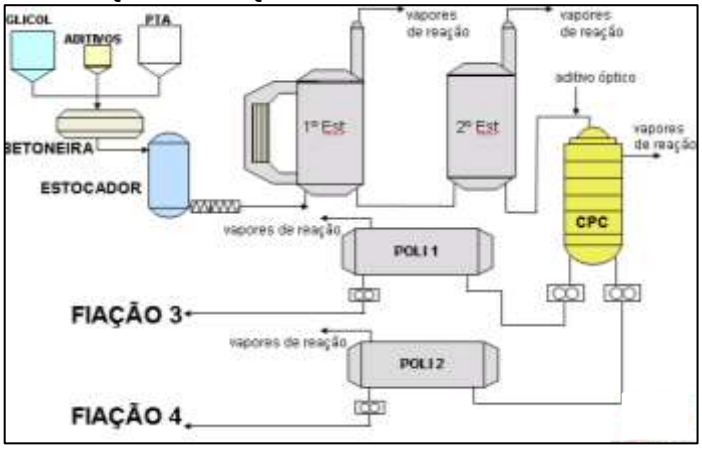
O processo inicia através da homogeneização, em pressão e temperatura ambiente, das matérias primas. Após esta homogeneização, inicia-se a formação propriamente dita do polímero de poliéster. Esta transformação se dá através da etapa de esterificação, seguida da etapa de polimerização. Na etapa de esterificação ocorre a reação do álcool com o ácido, formando um éster (denominado monômero) e a água é retirada pela coluna de destilação. Este processo ocorre sob pressão e temperaturas específicas.

Após a etapa de esterificação, ocorre a etapa de polimerização, onde ocorre a junção dos monômeros formados na etapa de esterificação. Esta reação ocorre sob condições de temperatura e vácuo e tem como subproduto a formação de monoetilenoglicol, que é retirado dos reatores por um sistema de ejetores a vapor.

As etapas descritas acima ocorrem de forma sequencial e contínua. Desta forma, se a matéria prima entra no sistema, irá sair ao final deste polímero fundido. Seguindo o esquema (Figura 10):

- **Betoneira:** Misturador da matéria prima;
- **Estocador:** Garante quantidade de matéria prima homogenia para entrada no processo;
- **1º e 2º Esterificadores:** Esterificam a pasta, são complementares;
- **CPC e Poli 1 e 2:** Polimerizam a massa que vem dos esterificadores, são complementares.

FIGURA 10 - ESQUEMA SEQUENCIAL DA ETAPA DE POLIMERIZAÇÃO.



Fonte: SILVA (2010)

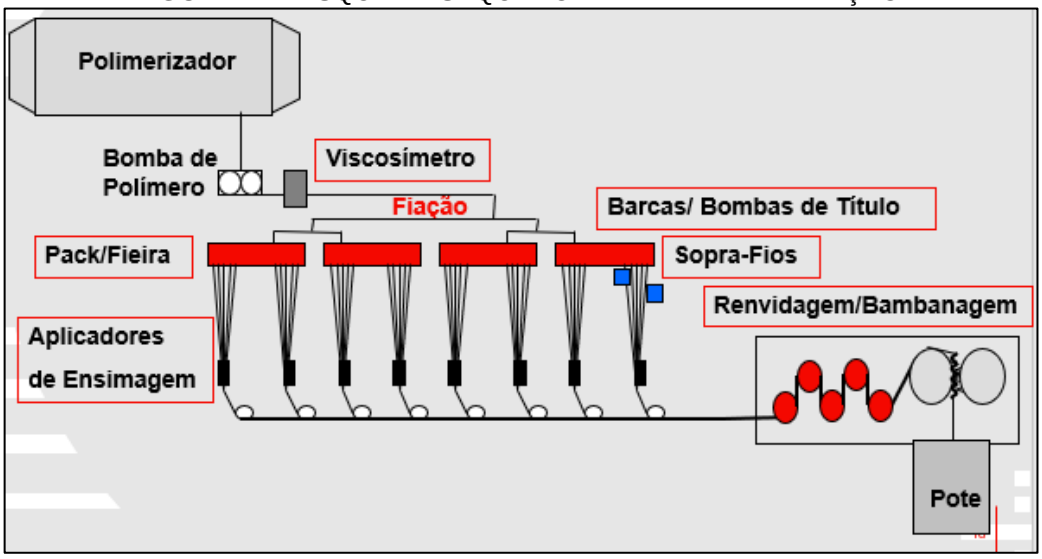
4.1.2 Fiação

Na etapa de fiação o polímero fundido, denominado massa, que é formado nos polimerizadores ganham forma de filamentos, é nessa fase que se solidificam e a estrutura interna começa a se orientar.

O processo é contínuo. Nele, através de pressão, se faz passar uma massa fundida de polímero através de uma matriz de extrusão, denominada fieira, seguindo o esquema (Figura 11):

- **Bomba de polímero:** Bomba de engrenagens que desloca a massa pela tubulação aquecida por fluido térmico;
- **Viscosímetro:** Faz acompanhamento e controle da viscosidade da massa;
- **Barcas e bombas de título:** A barca é o receptáculo dos pack's e mantem os mesmos aquecidos, a bomba de título imprime pressão ao fluido para que possa atravessar o pack;
- **Pack:** Corpo metálico composto por camadas de elementos filtrantes onde está disposto também. Esses packs possuem a função de filtração, homogeneização e extrusão do polímero;
- **Fieira:** Placa com microfuros que permitem a extrusão do polímero fundido em filamentos;
- **Sopra fios:** Sistema de ar que promove no polímero a solidificação imediata, assim que estes saem das fieiras;
- **Aplicação de ensimagem:** Fluido esse que é composto por água contendo baixas concentrações de óleos vegetais e sintéticos que permitem a coesão dos filamentos entre si e diminuem o atrito fibra/máquina e fibra/fibra;
- **Cilindros, rodas e Bambanagem:** Sistema que proporciona tração nos filamentos, arrumação e armazenamento dos filamentos (cabo) nos potes para a próxima etapa do processo.

FIGURA 11 - ESQUEMA SEQUENCIAL DA ETAPA DE FIAÇÃO.



Fonte: SILVA (2010)

4.1.3 Estiragem

Nessa etapa a fibra ganha acabamento e tratamento térmico. Permitindo que ela tenha similaridade com a fibra natural (algodão).

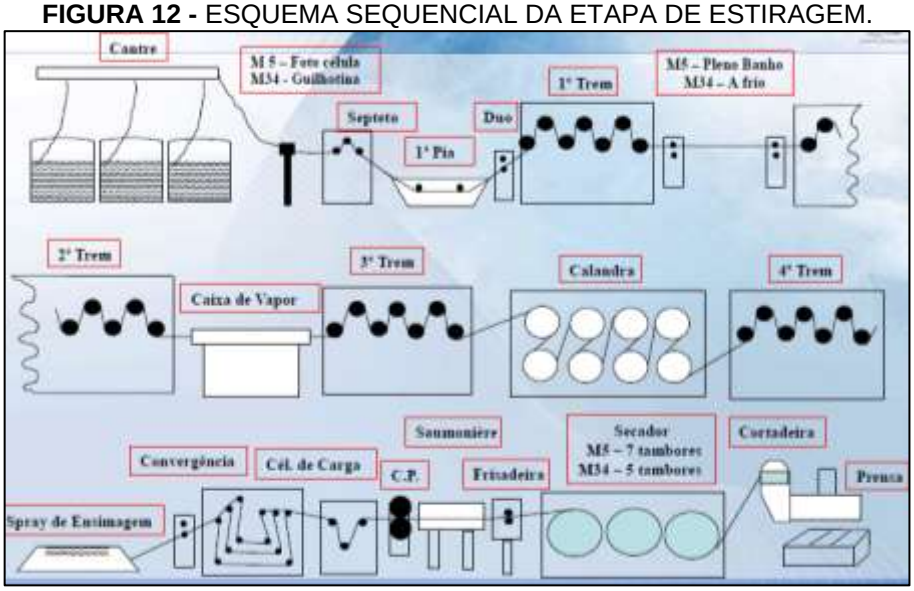
O produto do processo de fiação é um cabo de filamento armazenado em um pote, porém os equipamentos que executam a estiragem têm uma capacidade de transformação de uma quantidade de feixes maior do que a produzida pela fiação, de forma que se faz necessário agrupar uma quantidade especifica de potes, denominada cantre, para que seja possível iniciar a produção na estiragem.

Dessa forma, segue abaixo o esquema do processo de estiragem (Figura 12):

- **Cantre:** Conjunto de potes produzidos na fiação;
- **1º, 2º, 3º e 4º Trem:** Conjunto de cilindros que tem a responsabilidade de proporcionar tração e reduzir o diâmetro do filamento, para isso, a cada trem a velocidade de rotação aumenta para ocorrer o estiramento do produto;
- **Calandra:** Cilindros aquecidos que proporcional tratamento térmico na fibra, visando fixar orientação de sua estrutura interna conferindo cristalização parcial a fibra de poliéster e termofixando todas as transformações elásticas e plásticas sofridas pelo material ao longo do processo. Além disso está termofixação garante características controladas de retratação do material durante a etapa de transformação da fibra no cliente;

- **Spray de ensimagem:** Aplicação de ensimagem para redução de atrito entre fibras e entre fibra metal, além de ser necessário para o processamento da fibra no cliente;
- **Frisadeira:** confere a fibra coesão, importante parâmetro para as etapas de transformação a serem executas no cliente. A coesão é adquirida através da deformação da fibra. Ao final da frisagem o material fica com dobras em formato de ziguezague;
- **Secador:** Retira da fibra o excesso de umidade;
- **Cortadeira:** Realiza cortes nos feixes de fibra para que possam ter comprimentos desejados, que é determinado pela aplicação;
- **Prensa:** Após a estiragem, o material seco e cortado é prensado em fardos para armazenamento e transporte.

FIGURA 12 - ESQUEMA SEQUENCIAL DA ETAPA DE ESTIRAGEM.



Fonte: ADAPTADO DE SILVA (2010)

4.2 *PLAN* (PLANEJAMENTO): DEFINIÇÃO DO PROBLEMA, METAS, ANÁLISE DE SITUAÇÃO E CAUSAS E PLANO DE AÇÃO

Com referência no trabalho prático, fez-se a compactação das etapas de análise de situação e causa em uma única etapa descritiva.

4.2.1 Definição do problema

Com base em relato dos operadores das máquinas estiradeiras, que indicaram haver um aumento do número de lançamento de equipamento devido a quebras de cabos de poliéster na estrutura que suspende os cabos dos potes da cantre (Figura 13) para a linha 3 em comparação com a linha 4, foi possível a primeira verificação da problemática. Munidos desses questionamentos, foi instaurado um procedimento de acompanhamento das paradas de máquina e suas causas, seguindo o modelo apresentado na Tabela 5, em que a descrição dos termos da mesma se encontram na Tabela 6.

FIGURA 13 - ESTRUTURA DE SUSPENSÃO DE CABOS DA CANTRE.

Fonte: A autora (2019)

TABELA 5 - EXEMPLO SIMILAR AO DOCUMENTO PARA ACOMPANHAMENTOS DE PARADAS.

Máquina 3 ou 4							
Data	dd/mm/aa	**Turno**	m/t/n	**Turma**	a/b/c/d	**Folha**	1, 2, ...
Número	**Lugar**	**Causa**	**Tempo parado (min)**	**Cantre**	**Produto**	**Evento da cantre**	**Número do pote**
1	Cantre	Enrosco	10	01	1,3 OB	Unificada	100
2	Converg.	Descon.	4	02	1,5 SO	Normal	N. I.
...	...	...	...	...	...	...	...

Fonte: Adaptado pela autora (2019)

TABELA 6 - DESCRIÇÃO DOS TERMOS MENCIONADOS NA TABELA 5.

INDICAÇÃO	**DESCRIÇÃO**	**EXEMPLO/EXPLICAÇÃO**
Máquina 3 ou 4	Linha de produção da estiragem de destino	Não se aplica
dd/mm/aa	Dia, mês e os últimos 2 dígitos do ano	03/04/19
m/t/n	Manhã, tarde ou noite	Manhã: 06h até 14h Tarde: 14h até 22h Noite: 22h até 06h
a/b/c/d	Nome das turmas	4 turmas, num período de 24h, 3 fazem rodízio e 1 folga
Número da cantre	As cantres são identificadas por números de forma amostral	Não se aplica
1,3 ou 1,5 ou ...	Titulação da fibra	Unidade dtex
N. I.	Não identificável	Devido a dinâmica do processo
OB	Fibra azurada	Aditivos que promovem o tom
SO	Fibra opaca	Sem aditivos para fibra azurada
Converg.	Convergência	Equipamento da estiragem
Descon.	Desconhecida	Não se aplica
Cantre Unificada	Quando se mistura potes das duas linhas de fiação (3 e 4) para processamento em apenas uma linha de estiragem (3 ou 4)	Não se aplica

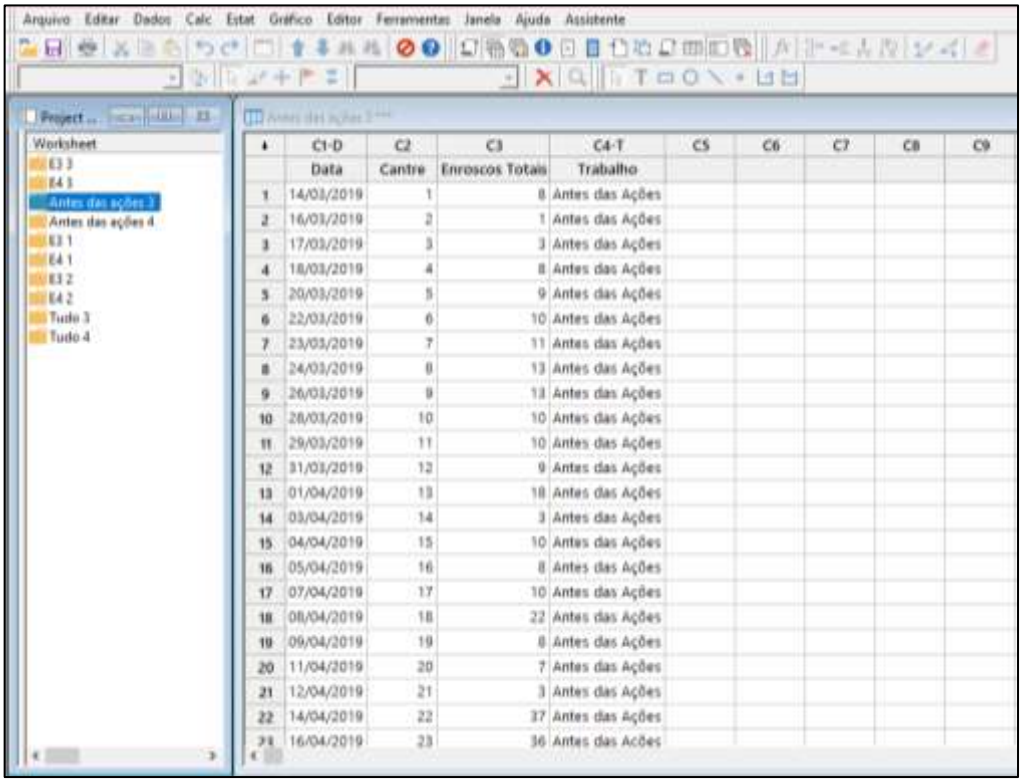
Fonte: A autora (2019)

Os resultados obtidos através desse acompanhamento foram sendo tratados e compilados em planilhas mais simplificadas, de forma a permitir a construção dos gráficos de controle e histogramas. Percebe-se, por fim, que a causa principal das paradas de máquinas frequentes eram devidas aos enroscos, problema esse que foi priorizado. Exemplo do resumo dos dados compilados mostrado na Figura 14.

As quebras dos feixes de poliéster no processo de estiragem acarretam alguns problemas no processo em questão, são eles:

- Quebra de cabo na cantre: provoca parada de máquina, aumentando o tempo de produção do artigo, reduzindo consequentemente a produtividade;
- Geração de refugo: na limpeza dos depósitos de feixe para retirada dos nós, sobra de potes (armazenadores do feixe) que devido à quebra de cabo precisa ser relançado e não acaba ao mesmo tempo dos demais, e, dependendo dos equipamentos, existe o refugo natural de lançamento de máquina, que são gerados graças a planificação de pontas de feixes.
- Produto de segunda escolha (produto com qualidade inferior que é vendo a um baixo preço), por causa do período de estabilização dos equipamentos.

FIGURA 14 - CAPTURA DA TABELA DE COMPILAÇÃO DOS ENROSCOS NO SOFTWARE MINITAB.



	C1-D	C2	C3	C4-T	C5	C6	C7	C8	C9
	Data	Cantre	Enroscos Totais	Trabalho					
1	14/03/2019	1	8	Antes das Ações					
2	16/03/2019	2	1	Antes das Ações					
3	17/03/2019	3	3	Antes das Ações					
4	18/03/2019	4	8	Antes das Ações					
5	20/03/2019	5	9	Antes das Ações					
6	22/03/2019	6	10	Antes das Ações					
7	23/03/2019	7	11	Antes das Ações					
8	24/03/2019	8	13	Antes das Ações					
9	26/03/2019	9	13	Antes das Ações					
10	28/03/2019	10	10	Antes das Ações					
11	29/03/2019	11	10	Antes das Ações					
12	31/03/2019	12	9	Antes das Ações					
13	01/04/2019	13	18	Antes das Ações					
14	03/04/2019	14	3	Antes das Ações					
15	04/04/2019	15	10	Antes das Ações					
16	05/04/2019	16	8	Antes das Ações					
17	07/04/2019	17	10	Antes das Ações					
18	08/04/2019	18	22	Antes das Ações					
19	09/04/2019	19	8	Antes das Ações					
20	11/04/2019	20	7	Antes das Ações					
21	12/04/2019	21	3	Antes das Ações					
22	14/04/2019	22	37	Antes das Ações					
23	16/04/2019	23	36	Antes das Ações					

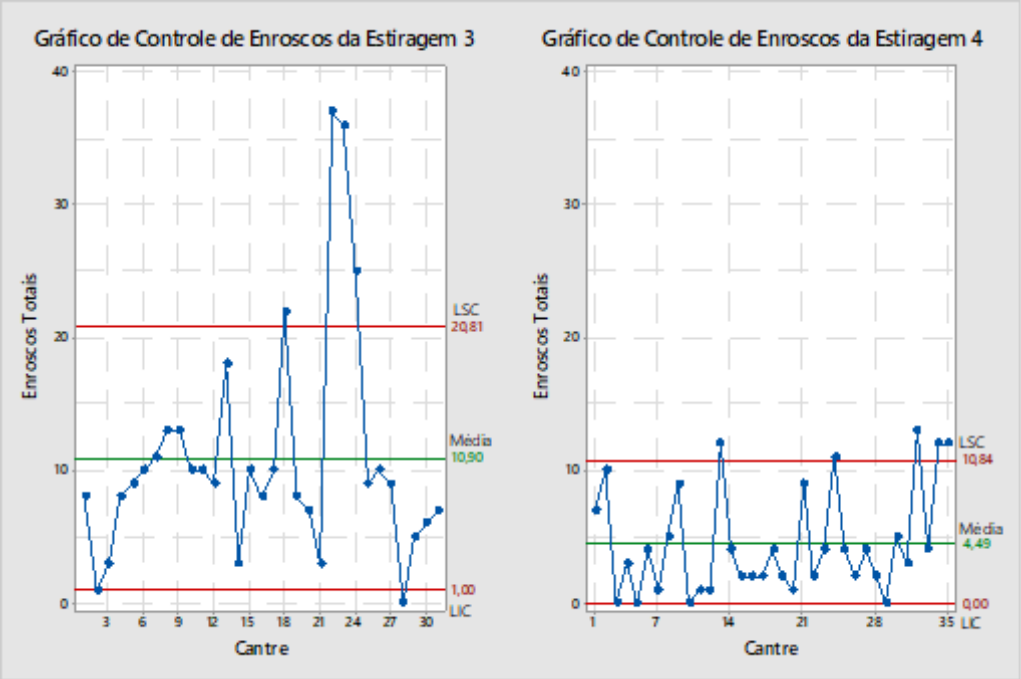
Fonte: A autora (2019)

Um detalhe a ser pontuado foi o fato de que não foi possível o registro de identificação do pote. Como vista na Figura 13, a cantre tem uma quantidade elevada de potes, cerca de 60, e os cabos que saem dos mesmos se fundem em uma grande manta, dificultando a percepção da ocorrência do problema de enrosco em um pote específico. Dessa maneira, não foi possível rastrear a origem exata dos potes com problemas, data e hora de produção destes no processo de fiação, a fim de verificar distorções no processo.

Nesse momento inicial o foco foi a observação do processo para sinalização da situação e definição do problema foco. Os gráficos de controle e histogramas dessa compilação de dados, com valores de 45 dias, período de 14 de março a 01 de maio, de monitoramento, estão descriminados nos Gráficos de 1 a 6, com a divisão dos resultados por linhas de produção.

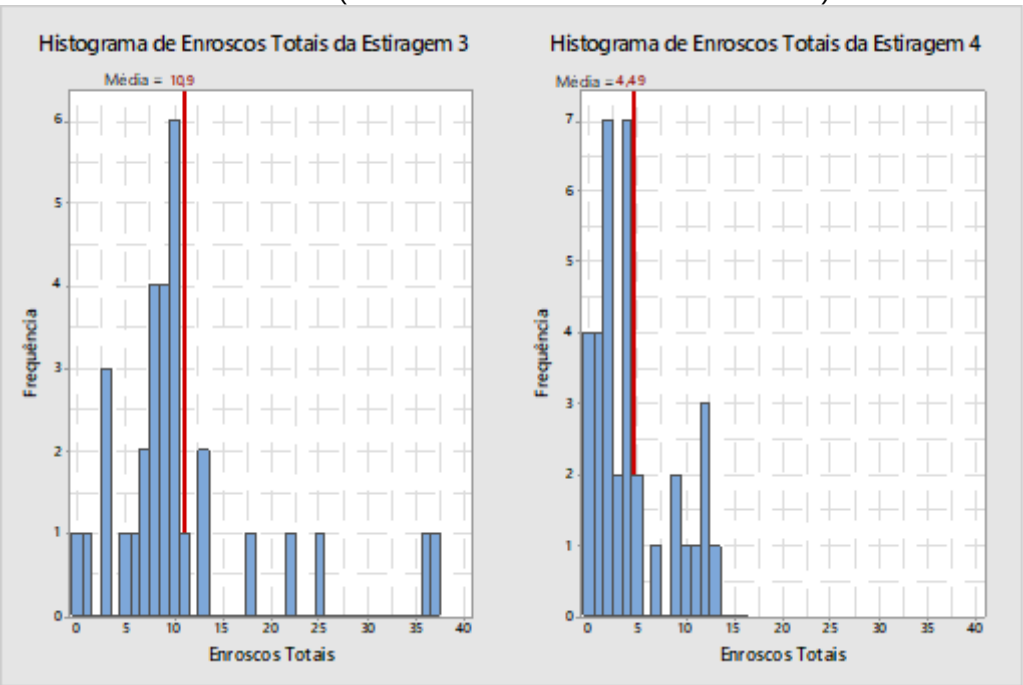
Os gráficos de controle foram construídos com o *software* Minitab, respeitando as regras estabelecidas na sessão 2.4.1. Considerando as cantres por ordem de acompanhamento, contadas a partir de 1, seguindo essa contagem até o final do trabalho.

GRÁFICO 1 – GRÁFICOS DE CONTROLE DOS ENROSCOS POR CANTRE ANTES DAS AÇÕES DO TRABALHO (COMPARATIVO ENTRE ESTIRAGENS).



Fonte: A autora (2019)

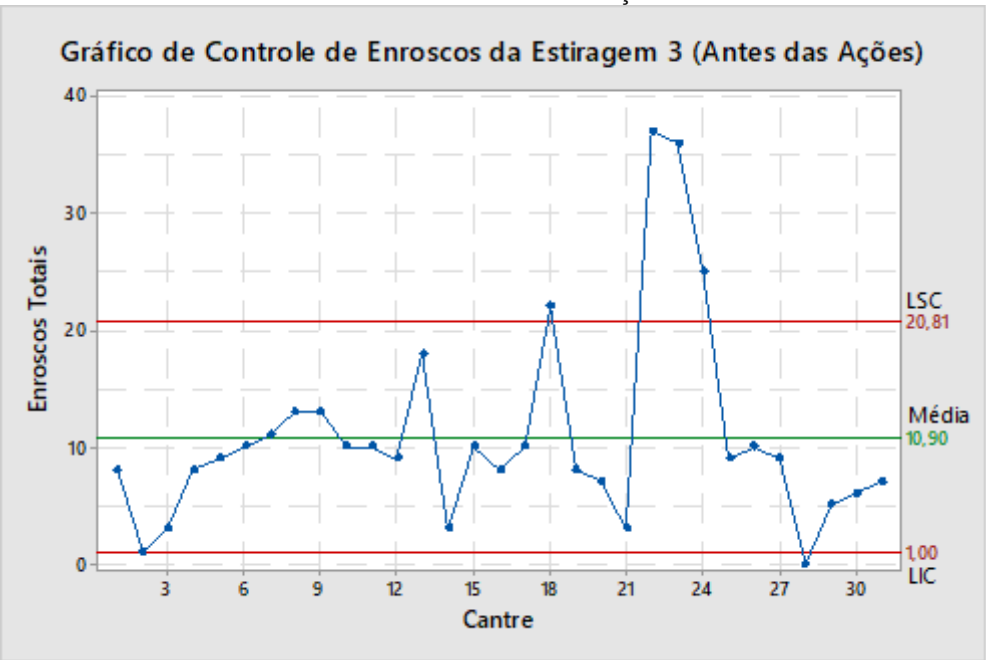
GRÁFICO 2 - HISTOGRAMAS DOS ENROSCOS POR CANTRE ANTES DAS AÇÕES DO TRABALHO (COMPARATIVO ENTRE ESTIRAGENS).



Fonte: A autora (2019)

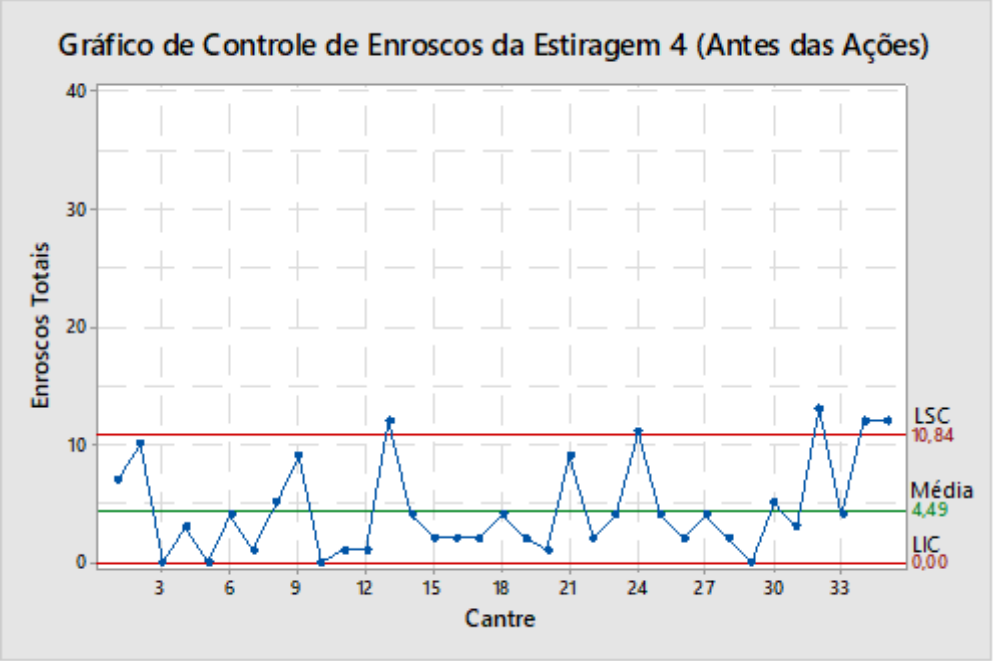
Observando mais detalhadamente os gráficos 3 a 6, é possível verificar que as cantres da linha de estiragem 3 possuem quantidades de enroscos superiores ao da linha 4. É perceptível que, com exceção de quatro cantres (cantre 18, 22, 23 e 24 da estiragem 3, consideradas causas especiais), todos os resultados (menos 6 amostras) da estiragem 3 estão acima do valor médio apresentado pela 4, identificando que existem causas sistêmicas atuando no processo, permitindo deficiência de performance da linha 3 em relação a sua similar.

GRÁFICO 3 - GRÁFICO DE CONTROLE DOS ENROSCOS TOTAIS EM RELAÇÃO A CADA CANTRE DA ESTIRAGEM 3 ANTES DAS AÇÕES DO TRABALHO.



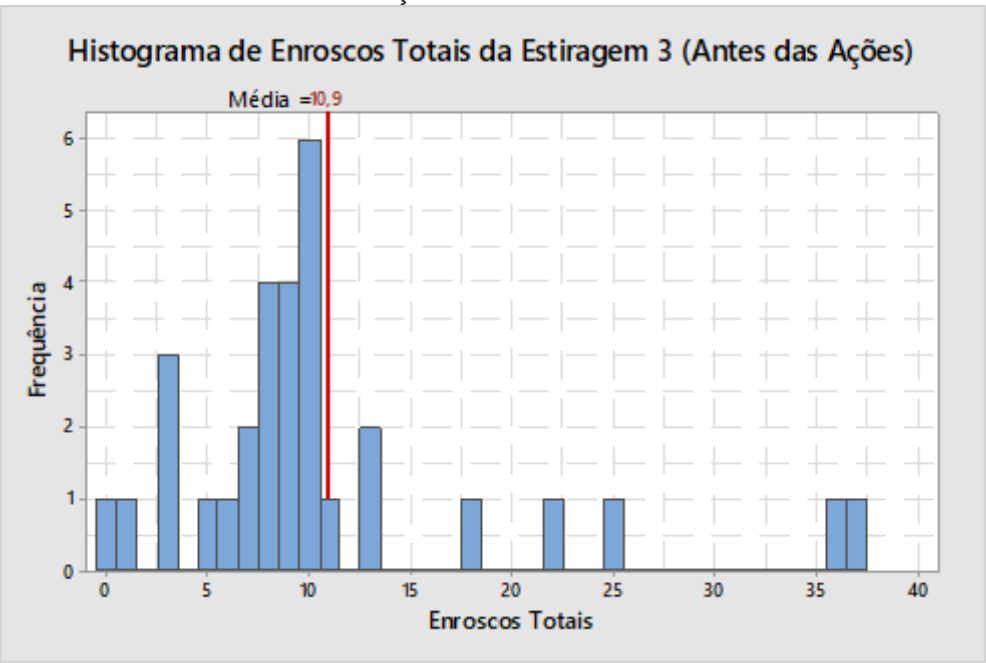
Fonte: A autora (2019)

GRÁFICO 4 - GRÁFICO DE CONTROLE DOS ENROSCOS TOTAIS EM RELAÇÃO A CADA CANTRE DA ESTIRAGEM 4 ANTES DAS AÇÕES DO TRABALHO.



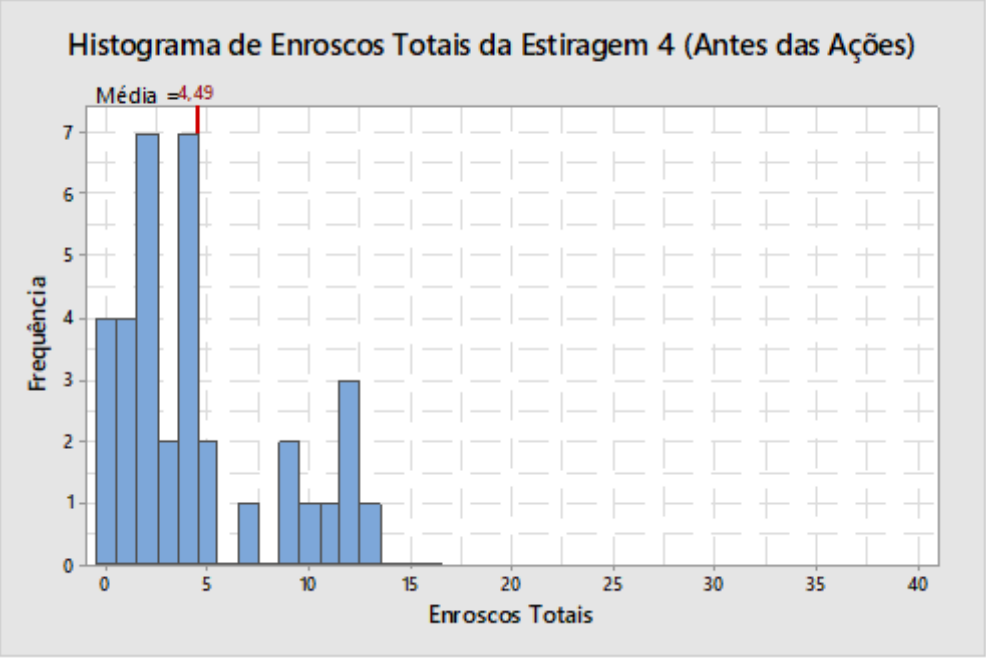
Fonte: A autora (2019)

GRÁFICO 5 - HISTOGRAMA DOS VALORES DE ENROSCOS TOTAIS DA ESTIRAGEM 3 ANTES DAS AÇÕES DO TRABALHO.



Fonte: A autora (2019)

GRÁFICO 6 - HISTOGRAMA DOS VALORES DE ENROSCOS TOTAIS DA ESTIRAGEM 4 ANTES DAS AÇÕES DO TRABALHO.



Fonte: A autora (2019)

Levando em consideração a produtividade da linha em kg, visto que a média de tempo de parada na quebra de cabo nas máquinas é de aproximadamente 10 min (tempo arbitrário) e a média de enroscos por cantre da linha 3 é de 10,90 e da linha 4 é de 4,49, temos uma defasagem da linha 3 em relação a linha 4 de 2398,74 kg de

produção, ou seja, no tempo total em que a linha 4 finaliza a cantre, ainda restaram 2398,74 kg de fibra para a linha 3 processar, se essas começassem a produzir ao mesmo tempo (cálculo da produtividade APÊNDICE A).

Sendo assim, O grupo de trabalho teve a percepção unânime de que esse o processo tem um viés em relação a resolução de problemas, devendo portanto ser detalhado e modificado para que se pudesse ter retorno de performance da linha 3 para o estado pré determinado e comparável com a linha 4, sendo este um típico caso de aplicação do ciclo PDCA de melhoria contínua.

4.2.2 Metas

Após a comparação dos resultados de enroscos, da etapa anterior, o grupo de trabalho decidiu dividir a meta da quantidade de enroscos em duas etapas. A primeira etapa seria ter média de enroscos totais da linha 3 igual ou menor que a média da linha 4 e a segunda meta seria reduzir os enroscos das linhas 3 e 4 para um valor médio menor que o apresentado. Porém, vale ressaltar que o foco principal do trabalho estava na primeira meta, podendo, desta forma, atingir total ou parcialmente a segunda meta.

4.2.3 Análise de situação e causas

Nessa fase do projeto a importância era definir causas para a discrepância entre os resultados obtidos por cada linha.

Inicialmente estudou-se o funcionamento do sistema de fiação, com todas as suas etapas, que incluem a extrusão do material, conjunto de cilindros de tração do cabo, par de rodas dentadas que fazem o direcionamento da fibra, defletor de mecha que permite a arrumação da fibra no pote (Figura 15), e o sistema de bambanagem e pinça que permitem a movimentação do pote para a retirada de recipientes cheios e reposição de deles vazios, esse último tem um controle temporal de enchimento dos vasilhames, fazendo com que, caso ocorra variações de vazão de polímero ou velocidade dos cilindros de tração, possa haver mais ou menos material dentro dos potes que foram preenchidos com o mesmo tempo.

FIGURA 15 - CONJUNTO DE CILINDROS DE TRAÇÃO À DIREITA E PAR DE RODAS DENTADAS À ESQUERDA.

Fonte: A autora (2019)

Depois de um período de 20 dias de observação do processo de fiação, realizamos um *braistorming* para localização das deficiências da linha 3 em detrimento da 4. Foram definidos os pontos a seguir:

- O defletor de mecha:

A linha 4 foi atualizada no passado (data não descoberta) para um diferente do aplicado na linha 3 até o momento da discussão (Figura 16 e 17). O defletor da máquina 4 tem suporte próprio e pela sua estrutura, permite uma maior amplitude de movimento, fazendo o cabo oscilar de maneira mais aberta, como se pode observar nas Figura 16 e 17.

FIGURA 16 - DEFLETOR DE MECHA DA FIAÇÃO 4.

Fonte: A autora (2019)

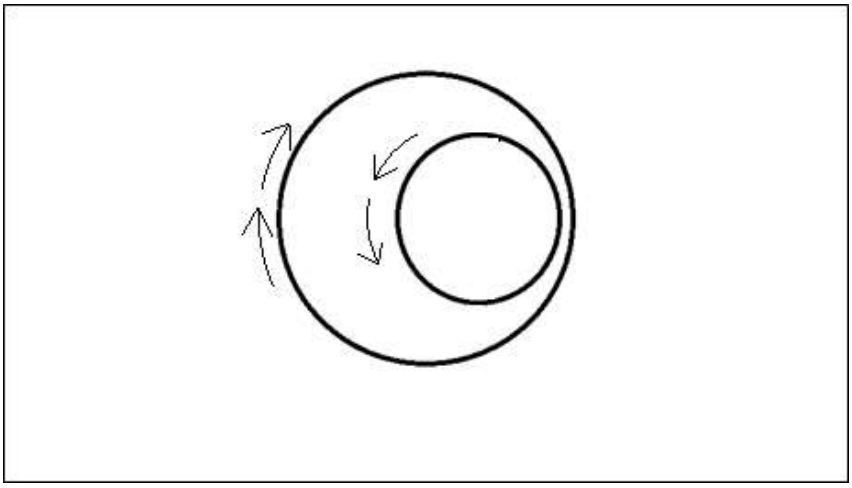
FIGURA 17 - DEFLETOR DE MECHA DA FIAÇÃO 3 NO INÍCIO DO TRABALHO.

Fonte: A autora (2019)

- A bambanagem:

É um sistema planetário que é composto por duas chapas metálicas circulares de diâmetros diferentes (Pratos), cujo a menor é configurada na maior de forma excêntrica, permitindo que haja movimento de translação e rotação no pote, que está situado sobre a chapa de menor diâmetro, visto que o sistema de saída do cabo é fixo e para a arrumação o pote é preciso que a execução da movimentação seja feita pelo recipiente de armazenamento. Para que o pote não experimente a soma dos movimentos de rotação, os pratos giram em sentidos opostos (Figura 18 e 19).

FIGURA 18 - ESQUEMA DE DESCENTRALIZAÇÃO DOS PRATOS ROTATIVOS DO SISTEMA DE BAMBANAGEM.



Fonte: A autora (2019)

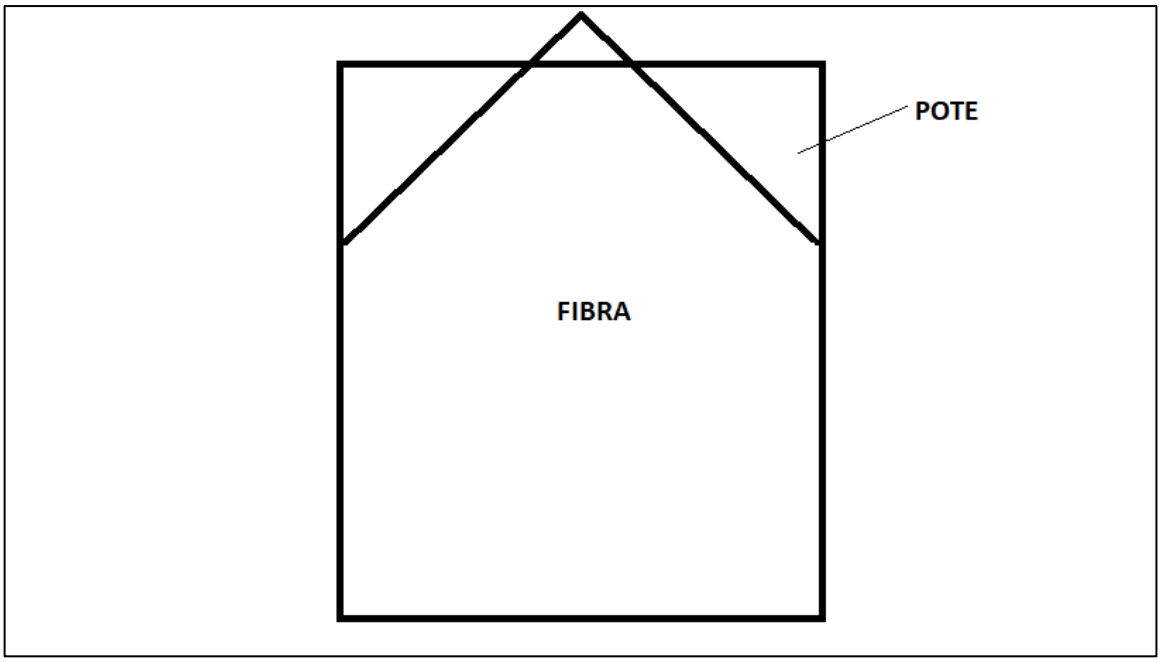
FIGURA 19 - PRATOS ROTATIVOS DA BAMBANAGEM.

Fonte: A autora (2019)

O funcionamento desse equipamento é primordial para a arrumação da fibra no pote e para o tempo de permanência do receptáculo, ao final do ciclo do recipiente de armazenamento o sistema planetário tem uma aceleração para que o pote se encontre na posição correta ao final do tempo, garantindo que em cada vasilhame tenha teoricamente a mesma quantidade de fibra.

O prato de maior diâmetro tem uma velocidade constante, exceto nas duas últimas voltas como comentado acima, já o prato menor ganha velocidade à medida que o feixe de fibra está sendo depositado no centro do pote, para que não haja distribuição irregular (montes) de fibra no centro, e perde velocidade quando o feixe está nas bordas do pote, para que mais fibra seja depositada nessa região. A Figura 20 ilustra um exemplo do que ocorreria se não houvesse o aumento de velocidade do prato na região central de deposição no pote:

FIGURA 20 - ESQUEMA DO ESTADO DE ARRUMAÇÃO DA FIBRA NO POTE QUANDO O SISTEMA DE BAMBANAGEM ESTÁ REGULADO CORRETAMENTE.



Fonte: A autora (2019)

O sistema de bambanagem é executado de forma automática com auxílio de uma programação em CLP, e no sistema de pratos, existem sensores de posicionamento para comunicação com o programa. Quando há problemas na execução do programa, um dos primeiros sinais é a formação desse monte de fibra ao centro do pote.

- As calhas:

Na estrutura da pinça existe uma calha que permite que no momento do giro da pinça o feixe se deposite sobre ela e novamente caia no pote vazio, uma vez que o sistema de troca de potes é um processo contínuo, ou sejam não existem paradas do sistema para troca dos potes (Figura 21).

FIGURA 21 - CALHA ACOPLADA NA PINÇA.

Fonte: A autora (2019)

As calhas das linhas 3 e 4 possuem um sentido de giro em alternância, hora horário e hora anti-horário, fazendo com que não seja necessário possuir a estrutura metálica dos dois lados da pinça, como fica evidente Figura 21. Porém o posicionamento da extremidade do aparato armazenador no momento de repouso da pinça, com referência ao ponto de localização do feixe, tem variação com relação aos lados, sendo consideradas descentralizadas, como mostrado nas Figuras 22 e 23, representando o relatado para a fiação 3 e 4 respectivamente.

FIGURA 22 - DISTÂNCIA CALHA/FEIXE NA FIAÇÃO 3.

Fonte: A autora (2019)

FIGURA 23 - DISTÂNCIA CALHA/FEIXE NA FIAÇÃO 4.

Fonte: A autora (2019)

Em que foi relacionada a importância do posicionamento da calha com o espaço útil de procedimento manual do operador, o qual se faz necessário devido a parada da bambanagem no momento de acionamento da pinça, então, para que o cabo não seja depositado no pote de maneira aleatória, os operadores de fiação precisam fazer essa arrumação manualmente, permitindo não só a segurança operacional como o melhor desempenho de espalhamento da fibra.

- A pinça:

A pinça, por questões de segurança, realiza movimento de rotação que produz um arco máximo de 180°, sendo intercalados os sentidos do movimento, horário e anti-horário.

Ela funciona no momento em que o tempo estipulado para enchimento do pote for atendido e o pote chegar na posição sensorizada específica, fazendo com que o sistema planetário seja interrompido, o mesmo permanece inerte até que se complete o ciclo da pinça, segundo a sequência: fechamento das garras da pinça, suspensão dos potes, giro da pinça, descida da pinça e abertura das garras da pinça.

No período de acompanhamento foi percebido uma folga na pinça, decorrente de desgastes e degradação dos componentes hidráulicos que executam os movimentos da pinça, fazendo com que não haja precisão na chegada dos potes, e os operadores precisem manuseá-los para o correto posicionamento, permitindo mudanças na arrumação no fundo do pote.

Ainda sobre o equipamento de troca de potes, foi destacado que para a influência no posicionamento dos recipientes no planetário, de grande importância era a velocidade de rotação da pinça, que até o momento era única e não permitia suavização na chega dos potes.

A Figura 24 ilustra a estrutura física da pinça.

FIGURA 24 - PINÇA HIDRÁULICA DO SISTEMA DE BAMBANAGEM PARA TROCA DE POTES.

Fonte: A autora (2019)

4.2.4 Plano de ação

De modo a otimizar o tempo e esforços disponíveis, foi necessário distribuir as tarefas para todos os membros da equipe, principalmente a área de manutenção, a qual tem o domínio dos equipamentos por política interna da empresa, única área autorizada a realizar modificativas físicas nas máquinas e equipamentos.

Na Tabela 7 estão descritas as atividades referentes a cada problemática abordada na etapa de análise de situação e causas, juntamente com os respectivos donos das ações (áreas envolvidas).

TABELA 7 - AÇÕES DEFINIDAS EM PLANO DE AÇÃO.

Ações Trabalho Redução de Enroscos				
Ponto de atuação	**N°**	**Ação**	**Responsável**	**Acompanhamento**
Defletor de mecha	**1.**	Realizar a substituição do defletor de mecha (F3 equivalente ao da F4)	Manutenção / Mecânica	T&D
Bambanagem	**2.**	Ajustar as velocidades de alta e baixa do ciclo de bambanagem (F3 equivalente ao da F4)	Manutenção/ Instrumentação	T&D
Pinça	**3.**	Efetuar montagem e troca do conjunto completo da piça da F3	Manutenção / Mecânica e Elétrica	T&D
	4.	Ajustar velocidade de fim de curso de ambas as pinças (F3 e F4)	Manutenção / Instrumentação	T&D
Calhas	**5.**	Ajustar o posicionamento das calhas nas pinças das duas fiações (Distância calha/feixe)	Manutenção / Mecânica	T&D

Fonte: A autora (2019)

Ao total foram definidas 5 ações consideradas necessárias para alteração do quadro dos números de enroscos nas linhas 3 e 4. Segue o detalhamento das ações:

- Ação 1 – Realizar a substituição do defletor de mecha (F3 equivalente ao da F4): Mediante a existência prévia do modelo já aplicado na F4, esta ação não visa o teste e aprimoramento de um equipamento novo, criado do zero, esse investimento prevê a confecção e instalação de um defletor com o modelo atual em utilização na linha 4, visando que a linha 3 fique no mesmo padrão, trazendo uniformidade de distribuição do cabo de fibra de poliéster dentro do pote, com relação unificação de performance de ambas as máquinas;
- Ação 2 – Ajustar as velocidades de alta e baixa do ciclo de bambanagem (F3 equivalente ao da F4): Para isso será preciso realizar ajustes nos diretórios do CLP, para regular as frequências (em Hz) dos motores que fazem o movimento do prato maior da bambanagem, regulando assim a rotação de saída dos motores e por consequência a velocidade de rotação dos pratos, para que a fiação 3 fique com a mesma velocidade da fiação 4;
- Ação 3 – Efetuar montagem e troca do conjunto completo da piça da F3: Realizar reparos, montar e testar pinça reserva, que fica alocada na oficina para casos de emergências, focando na atualização da válvulas direcionais de fluxo hidráulico, para que a atuação dos pistões que realizam os movimentos de abre/fecha da pinça sejam mais eficientes;
- Ação 4 – Ajustar velocidade de fim de curso de ambas as pinças (F3 e F4): Realizar programação e testes para implementar a lógica de comandos da pinça a velocidade reduzida ao final da sequência de movimentos, visando suavizar o impacto de final de curso;
- Ação 5 – Ajustar o posicionamento das calhas nas pinças das duas fiações (Distância calha/feixe): Na instalação da pinça F3, aproveitando o intervalo de máquina parada, conectar a calha a pinça 3 prezando pelo ajuste de distância calha/feixe e desinstalar e reinstalar de forma a justada a calha da pinça 4.

Para todas as ações foram definidos prazos máximos de 60 dias, mas de forma flexível, de modo a reajustar os prazos conforme as atribuições do cotidiano fabril, que por vezes são implacáveis e pouco permissivas.

4.3 *DO* (EXECUTAR)

Para execução das atividades propostas, em primeiro momento, foi divulgado o plano de ação.

4.3.1 Divulgação do Plano de Ação

Foram realizadas pequenas reuniões junto a gerência de produção para validade do plano de ação e divulgação das intenções pretendidas.

Após o aval do nível gerencial, se fez necessária execução de direcionamento das atividades e alinhamento de expectativas com relação a casa serviço prestado.

4.3.2 Aplicação do Plano de Ação

Após as reuniões de alinhamento deu-se partida ao plano de ação propriamente dito.

4.3.2.1 Substituição do defletor de mecha

A equipe de manutenção providenciou a confecção de um defletor novo, de mesma tecnologia que a instalada na F4.

No momento de instalação do equipamento, foi percebido um obstáculo, pelo fato das linhas serem espelhadas, o defletor produzido para a F4 não tinha suporte compatível com a instalação da F3. Para evitar o atraso do serviço, foi realizada uma modificativa simples *in loco*, de forma a posicionar o suporte do defletor em um ponto de referência diferente da instalação da 4. A chapa de aço inox côncava que entra em contato com a fibra precisou ser desacoplada e reinstalada a um ângulo de 180° de discrepância da sua posição original. Tudo isso para permitir o teste do defletor de nova tecnologia na máquina com deficiência de performance.

Como pode-se observar na Figura 25, o suporte do defletor de mecha da F4 possui barras soldadas em que a barra que sustenta o defletor em si, está ligada a sua anterior de modo a ficar à esquerda do feixe, logo a da fiação 3 deveria estar, da

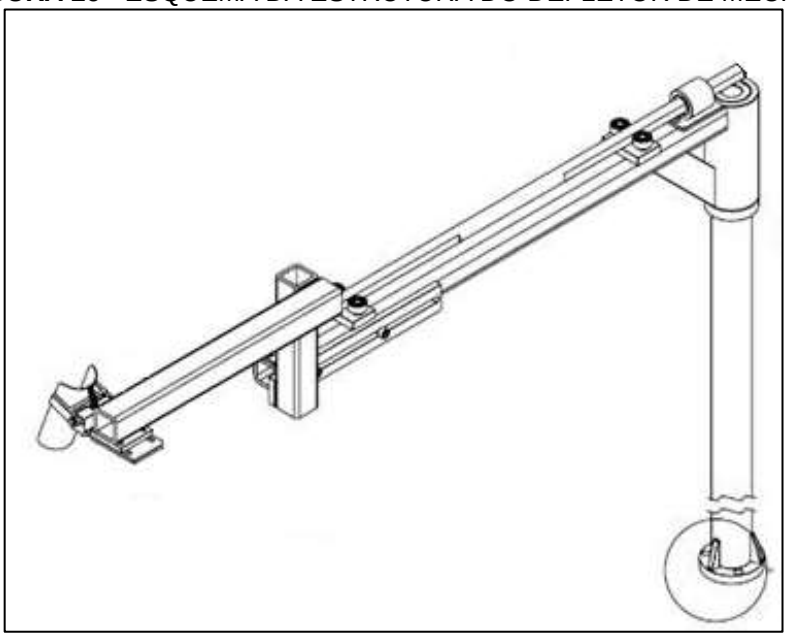
mesma forma, porém espelhadas, ligada à direita do feixe, mas isso não ocorre devido ao mencionado anteriormente.

FIGURA 25 - ESTRUTURA DO SUPORTE DO DEFLETOR DE MECHA, COMPARAÇÃO ENTRE A MÁQUINA 3 E 4 (A ESQUERDA O DEFLETOR F4, A DIREITA O DEFLETOR NOVO F3).

Fonte: A autora (2019)

A Figura 26 mostra o esquema da montagem da estrutura do defletor de fibra.

FIGURA 26 - ESQUEMA DA ESTRUTURA DO DEFLETOR DE MECHA.



Fonte: A autora (2019)

A máquina 4 foi privilegiada com a atualização da tecnologia de deflexão de mecha há alguns anos, data essa que não foi possível ser levantada no histórico da empresa, porém diante do cenário econômico da organização no momento dessa alteração, a atualização da máquina 3 ficou em *"standby"*. Com o tempo o projeto foi adormecido e não foi levado em consideração até o momento de aplicação desse trabalho.

4.3.2.2 Ajuste da velocidade do ciclo de bambanagem

Em primeiro momento o ajuste foi realizado na F4 para que o ciclo completo fosse contabilizado em um valor inteiro em minutos, neste caso o ciclo completo da fiação 4 era de 47,35 ± 0,05 segundos, foi ajustada a frequência de baixa velocidade para que o ciclo ficasse com o tempo de 47,00 ± 0,05, facilitando a medição manual via cronômetro, para conferência rápida de alterações de velocidade ou descontrole dos comandos e permitindo obtenção de número de voltas inteiras no tempo de 40 minutos (tempo padrão de formação do pote na fiação), totalizando 51 voltas inteiras, evitando a aceleração do sistema de bambanagem na última volta.

Em seguida as frequências da fiação 3 foram ajustadas para se igualarem com as da linha 4, dessa forma, fazendo com que os valores de velocidade fossem as mesmas.

Até essa altura do trabalho não ficou clara a questão da divergência dessas velocidades, alguma intervenção foi realizada ao longo dos anos e não foi preservada a paridade entre as linhas, deixando um déficit quando comparamos uma máquina com relação a outra.

As alterações de velocidade foram, em suma, realizadas para a baixa velocidade da máquina 4, aumentando-a, e para a baixa e alta velocidade da máquina 3, aumentando-a e diminuindo-a respectivamente. Considerando todas as mudanças apenas nas velocidades do disco maior, pois o disco menor tem velocidade fixa de rotação e não depende da rotação do primeiro.

4.3.2.3 Troca da pinça

Na sequência das ações, a substituição da pinça se deu mais pelo fato da visualização de alta folga da mesma.

Em oficina a pinça foi montada e testada antes de ser posicionada na área de atuação. A máquina precisou de 15 a 20 dias para ser montada, ter os comandos de acionamento do movimento das garras, suspensão e rotação da pinça testados, e por fim seguiu para instalação na área, onde foram necessários os esforços de retirada da estrutura da pinça atual para restauração das condições ideais de operação, como lubrificação dos componentes mecânicos, para a instalação da pinça nova.

As Figuras 27, 28 e 29 mostram a instalação da nova pinça.

FIGURA 27 - INSTALAÇÃO DA PINÇA RESERVA NA F3 (TRANSPORTE).

Fonte: A autora (2019)

FIGURA 28 - INSTALAÇÃO DA PINÇA RESERVA NA F3 (ENCAIXE).

Fonte: A autora (2019)

FIGURA 29 - INSTALAÇÃO DA PINÇA RESERVA NA F3 (AJUSTE).

Fonte: A autora (2019)

Para o trabalho realizado pela manutenção em todas as etapas que envolveram trabalhos de cunho físico, se fizeram necessários o uso de EPI's, prezando pela segurança e saúde de todos os colaboradores (Figura 30).

FIGURA 30 - EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL.

Fonte: SARAIVA (2014)

4.3.2.4 Ajuste de velocidade de final de curso das pinças

Durante a preparação da pinça reserva na oficina mecânica, as áreas de instrumentação e elétrica trabalharam para ajustar a programação (lógica de

acionamento das pinças) para que ao final do movimento de giro da pinça a velocidade fosse reduzida pela metade.

A ação foi realizada para as duas máquinas, para que o impacto de final de trajetória da pinça fosse minimizado, proporcionando facilidade operacional devido a melhor centralização dos potes na bambanagem. Auxiliando principalmente na durabilidade do equipamento, com pretensão de aumento do intervalo entre manutenções.

4.3.2.5 Ajuste de posicionamento da calha

Existia a intenção de realizar a correção do posicionamento da calha no momento da instalação da nova pinça, porém devido a capacidade efetiva operacional, não foi possível a realização dessa tarefa.

As calhas foram ajustadas assim que as atividades cotidianas (demandas de manutenção mecânica) voltaram para um patamar de controle, fazendo com que as calhas pudessem entrar no plano de atividades, sem caráter de urgência, diferente de como aconteceu para a instalação do defletor de mecha que apresentava um maior grau de interferência nos resultados almejados.

4.4 *CHECK* (VERIFICAR)

Para garantir o bom funcionamento (funcionamento dentro do esperado) dos equipamentos e programas instalados, essa etapa prever verificar a eficácia das ações tomadas, validando os métodos e metas definidas na etapa de planejamento.

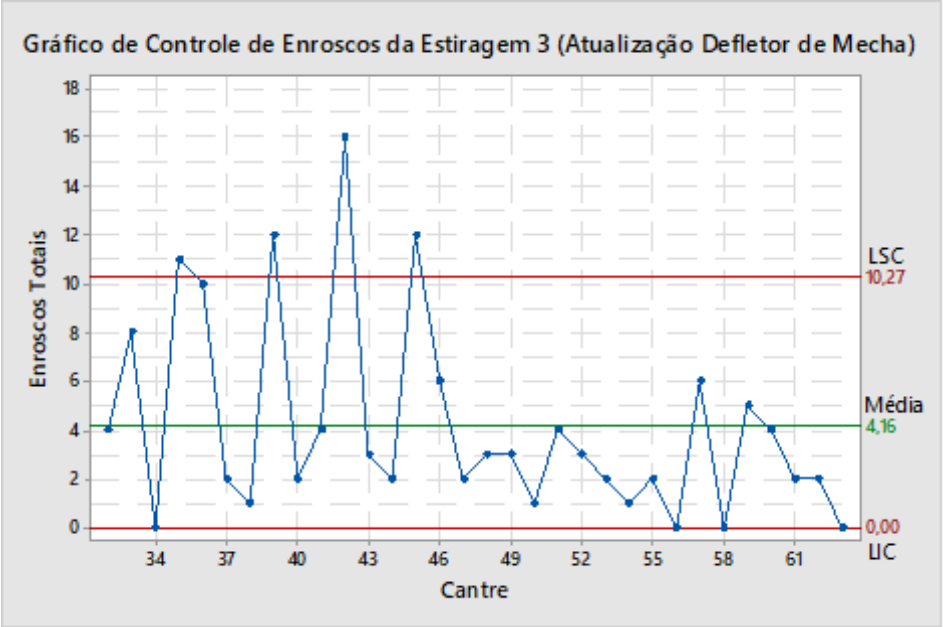
Para isso avaliou-se os resultados, tal qual identificamos o problema, através de gráficos de controle, para cada ação ao longo do trabalho, visando identificar a parcela de contribuição de cada ação para o resultado.

4.4.1 Resultado da ação de instalação do defletor de mecha

Após a instalação do defletor de mecha na F3 foram avaliados os resultados de enroscos a partir deste momento. Para conseguir distinguir as etapas do processo

de melhoria, é possível observar os valores obtidos no gráfico de controle no Gráfico 7.

GRÁFICO 7 - GRÁFICO DE CONTROLE DOS VALORES DE ENROSCO DA ESTIRAGEM 3 APÓS A MODIFICATIVA DO DEFLETOR DE MECHA DA F3.



Fonte: A autora (2019)

Do valor médio de 10,90 (acompanhamento de 32 cantres) enroscos por cantre, após a primeira ação esse valor passou a ser 4,16 (acompanhamento de 32 cantres).

Analisando mais profundamente o motivo para esse sucesso, se deu ao fato de que o novo defletor permite uma maior amplitude na distribuição da fibra no pote, fazendo com que ela não seja depositada de forma concentrada, assim evitando o entrelaçamento do cabo com ele mesmo. É possível comparar a Figura 17 com a Figura 31.

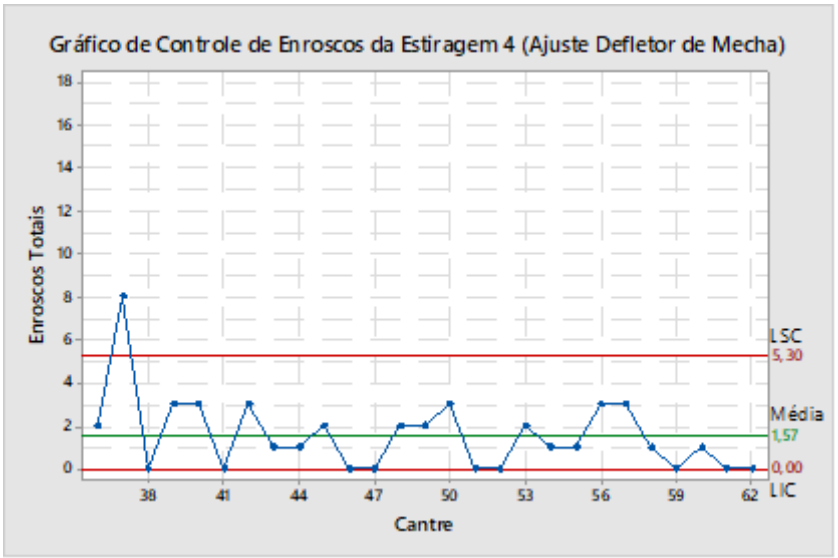
FIGURA 31 - DEMONSTRAÇÃO DA AMPLITUDE DO DEFLETOR DO NOVO DEFLETOR DE MECHA DA F3.

Fonte: A autora (2019)

Ao mesmo momento desta ação, foi feito um pequeno ajuste na fixação da base, que se encontrava folgada, do defletor da F4 para que este apresentasse uma amplitude de deslocamento de cabo maior do que vinha apresentando, o resultado desta ação pode ser verificado no Gráfico 8.

Os resultados foram considerados além da expectativa, mesmo a máquina 4 já estando dentro dos padrões desejáveis, a média de enroscos por cantre era de 4,49 (acompanhamento de 35 cantres) para o novo valor, após a correção de fixação, de 1,57 (acompanhamento de 27 cantres) enroscos por cantre na estiragem.

GRÁFICO 8 - GRÁFICO DE CONTROLE DOS VALORES DE ENROSCO DA ESTIRAGEM 4 APÓS O AJUSTE DA BASE DO DEFLETOR DE MECHA DA F4.



Fonte: A autora (2019)

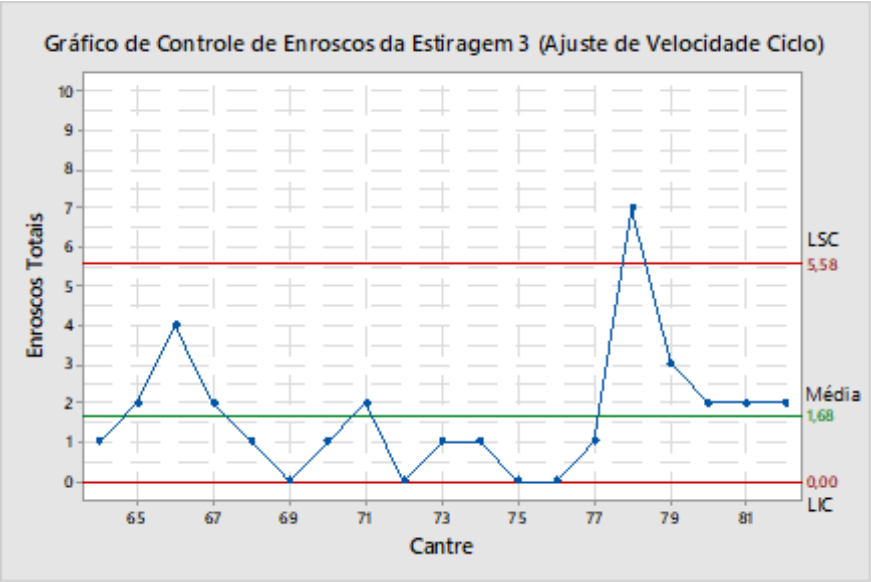
4.4.2 Resultado da ação de ajuste das velocidades da bambanagem

O Gráfico 9 mostra os resultados após o ajuste de baixa e alta velocidade do ciclo de bambanagem para a Linha 3.

O resultado da média de enroscos por cantre teve uma satisfatória performance, saindo de 4,16 (acompanhamento de 32 cantres) para 1,68 (acompanhamento de 19 cantres).

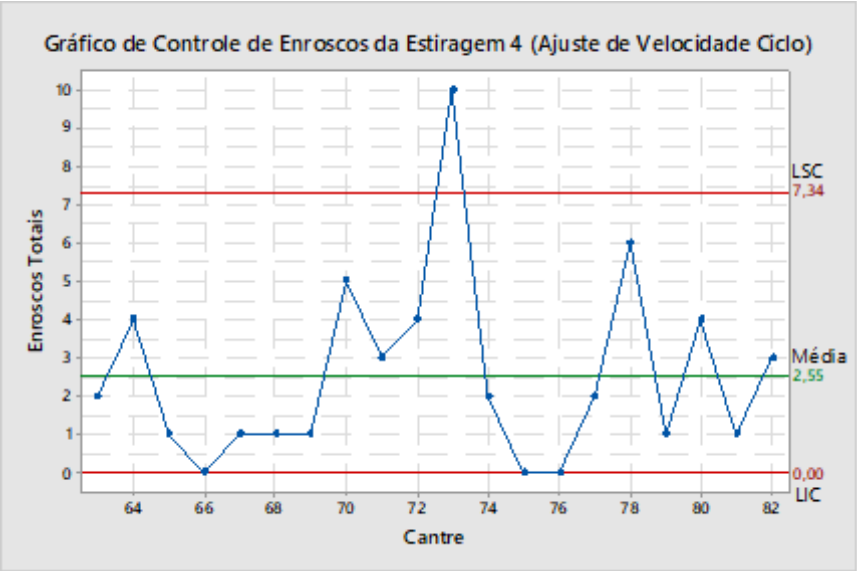
Com o ajuste da velocidade de baixa da bambanagem da linha 4, com o acompanhamento obtivemos os descritos pelo Gráfico 10, em que a média dos resultados da linha 4 apresentaram uma piora com relação a última parcial após a interferência na fixação da base do defletor desta mesma linha. O resultado médio de enroscos por cantre saíram de 1,57 (acompanhamento de 27 cantres) para 2,55 (acompanhamento de 20 cantres). Ainda assim, esses valores são considerados satisfatórios.

GRÁFICO 9 - GRÁFICO DE CONTROLE DOS VALORES DE ENROSCO DA ESTIRAGEM 3 APÓS AJUSTE DE VELOCIDADE DE BAMBANAGEM DA F3.



Fonte: A autora (2019)

GRÁFICO 10 - GRÁFICO DE CONTROLE DOS VALORES DE ENROSCO DA ESTIRAGEM 4 APÓS AJUSTE DE VELOCIDADE DE BAMBANAGEM DA F4.



Fonte: A autora (2019)

Devido a melhor distribuição da fibra pelo pote, evitando acúmulo de fibras em determinadas regiões do recipiente de depósito, foi possível obter bons resultados com relação aos enroscos, que nada mais são, que grandes emaranhados de filamentos, devido ao posicionamento do cabo no momento de arraste da estiragem.

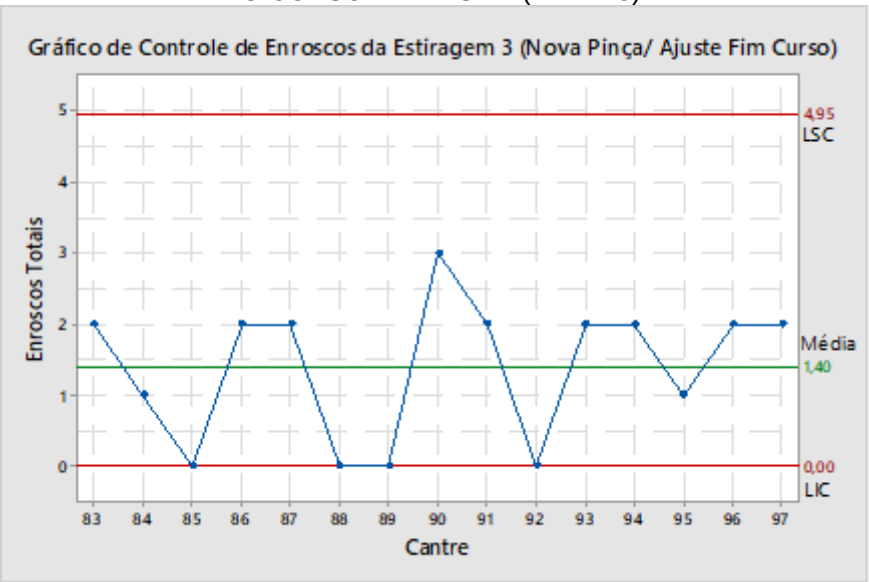
4.4.3 Resultados das ações de troca da pinça da linha 3 em conjunto com a redução de velocidade no final de curso das pinças em ambas as linhas

De maneira simultânea foram instaladas a máquina pinça na linha 3 e aplicada a nova lógica de programação para minimização das velocidades ao final do giro da pinça (redução de 50% da velocidade padrão). O acompanhamento foi realizado visando as duas melhorias, que em conjunto na linha 3, melhora a precisão do posicionamento do pote com relação a posição do feixe guiado pelo defletor de mecha, e na linha 4, onde foi realizada só o ajuste de velocidade, é esperada o mesmo direcionamento de melhora. Apesar da última ainda apresentar mais oscilações devido a folgas relacionas ao tempo de uso do equipamento.

No Gráfico 11 vemos que a média de enroscos por cantre da linha 3 reduziu de nível em relação com o último procedimento de melhoria (ajuste de velocidade de bambanagem), saindo de 1,68 (acompanhamento de 19 cantres) para 1,40 (acompanhamento 15 cantres).

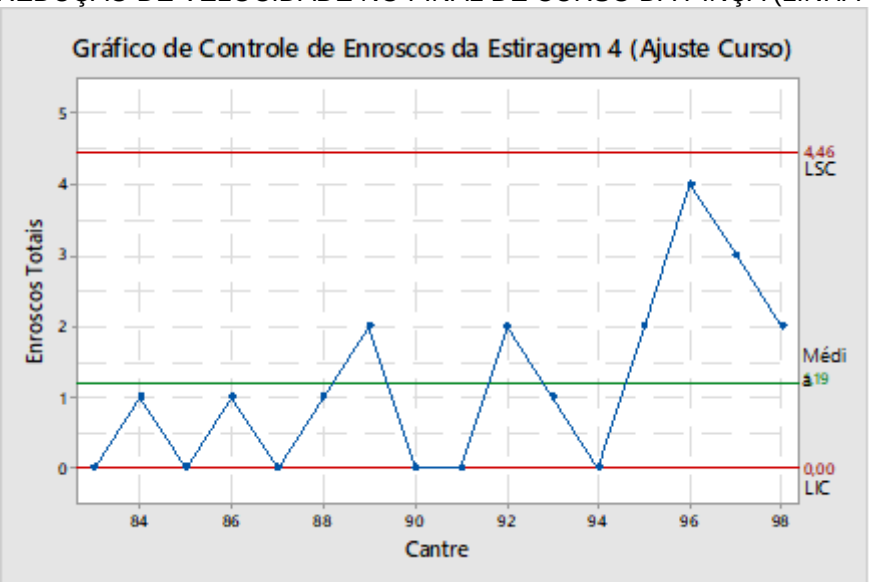
No Gráfico 12 avaliamos o desenvolvimento dos resultados de enroscos da linha 4, que teve apenas o ajuste da velocidade de fim de curso da pinça, que em detrimento da última ação (ajuste da velocidade baixa da bambanagem) os resultados foram melhores que os anteriores e melhor que os resultados da linha 3 também. O valor médio de enroscos por cantre passou de 2,55 (acompanhamento de 20 cantres) para 1,19 (acompanhamento de 16 cantres).

GRÁFICO 11 - GRÁFICO DE CONTROLE DOS VALORES DE ENROSCO DA ESTIRAGEM 3 APÓS INSTALAÇÃO DA NOVA PINÇA EM CONJUNTO COM A REDUÇÃO DE VELOCIDADE AO FINAL DO CURSO DA MESMA (LINHA 3).



Fonte: A autora (2019)

GRÁFICO 12 - GRÁFICO DE CONTROLE DOS VALORES DE ENROSCO DA ESTIRAGEM 4 APÓS A REDUÇÃO DE VELOCIDADE NO FINAL DE CURSO DA PINÇA (LINHA 4).



Fonte: A autora (2019)

4.4.4 Resultados dos ajustes de centralização das calhas

Para essa ação não foram colhidos mais dados, devido ao fato desta ter ocorrido depois do prazo das atividades previstas no trabalho de melhoria, quando o foco dos integrantes do grupo eram outros.

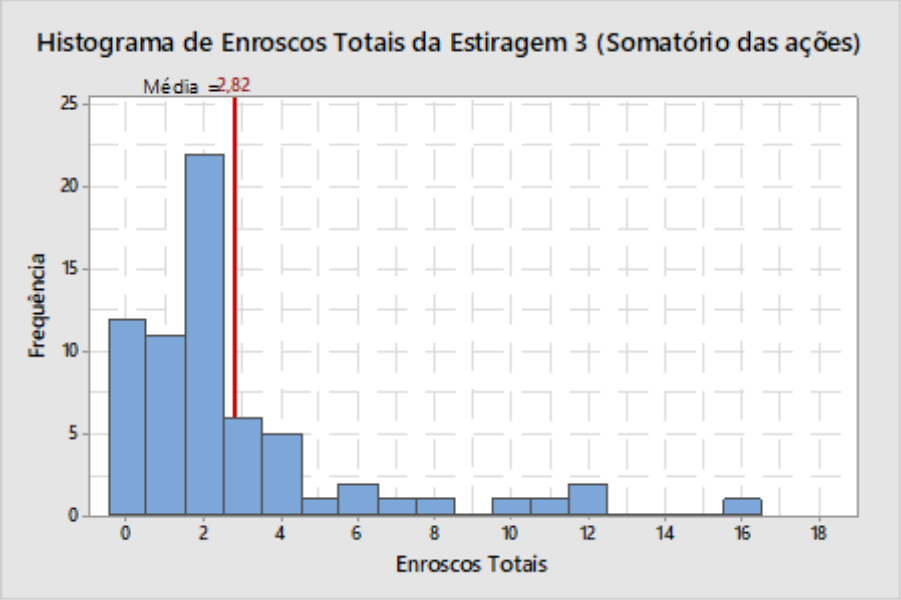
Do lado da melhoria contínua, que visa, não só aspectos de produtividade, mas também otimizações de segurança e saúde do trabalho, podemos intuir que com a modificativa o espaço útil de operação manual é equivalente em ambos os lados da pinça, permitindo que o operador, através da repetição das atividades, se acostume com o tempo de operação manual, que será o mesmo independentemente da posição da máquina pinça, e faça seu trabalho de forma mais segura e eficiente.

4.4.5 Resultado geral de todas as ações (Histogramas)

No Gráfico 13 e 14 vê-se os resultados e distribuições dos valores de acompanhamento das linhas 3 e 4 respectivamente.

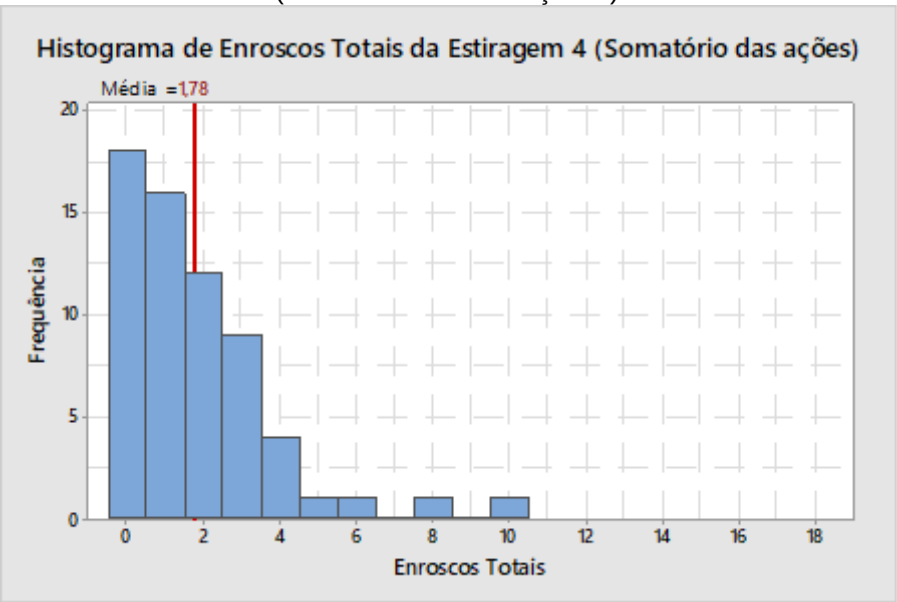
Sendo que esses números de enroscos totais e ocorrência desses, são relacionados a todas as ações exceto a centralização das calhas, que como mencionado não foram colhidas informações de avaliação.

GRÁFICO 13 - HISTOGRAMA DOS RESULTADOS DE ENROSCOS TOTAIS DA ESTIRAGEM 3 (SOMATÓRIO DAS AÇÕES).



Fonte: A autora (2019)

GRÁFICO 14 - HISTOGRAMA DOS RESULTADOS DE ENROSCOS TOTAIS DA ESTIRAGEM 4 (SOMATÓRIO DAS AÇÕES).



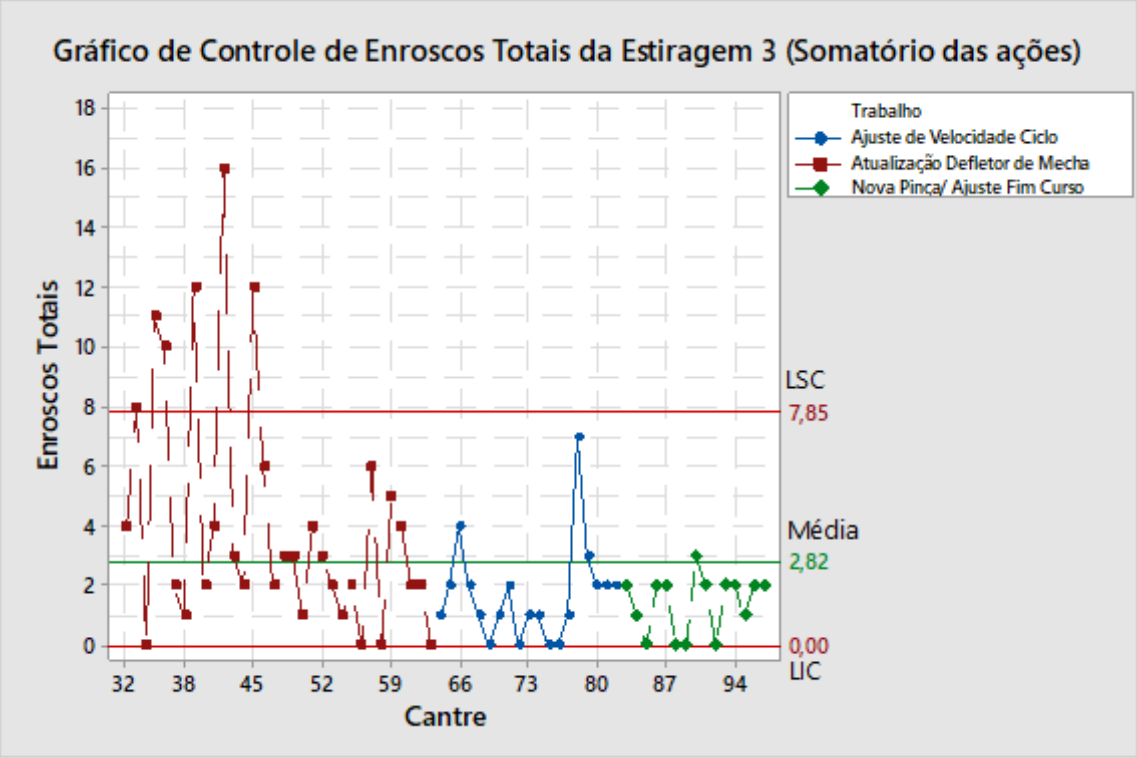
Fonte: A autora (2019)

Levando em consideração a média geral final da estiragem 3 (2,82 enroscos por cantre), o resultado da máquina 3 obteve desempenho satisfatórios após todo o trabalho, ficando abaixo do valor inicial da máquina 4 que era 4,16 (valor médio de enroscos por cantre).

Apesar dos resultados satisfatórios da linha 3, devido a melhora do desempenho da linha 4, que agora tem uma média de enroscos por cantre na estiragem de 1,78, aproximadamente, foi percebido que ainda existe a capacidade de otimização da máquina 3.

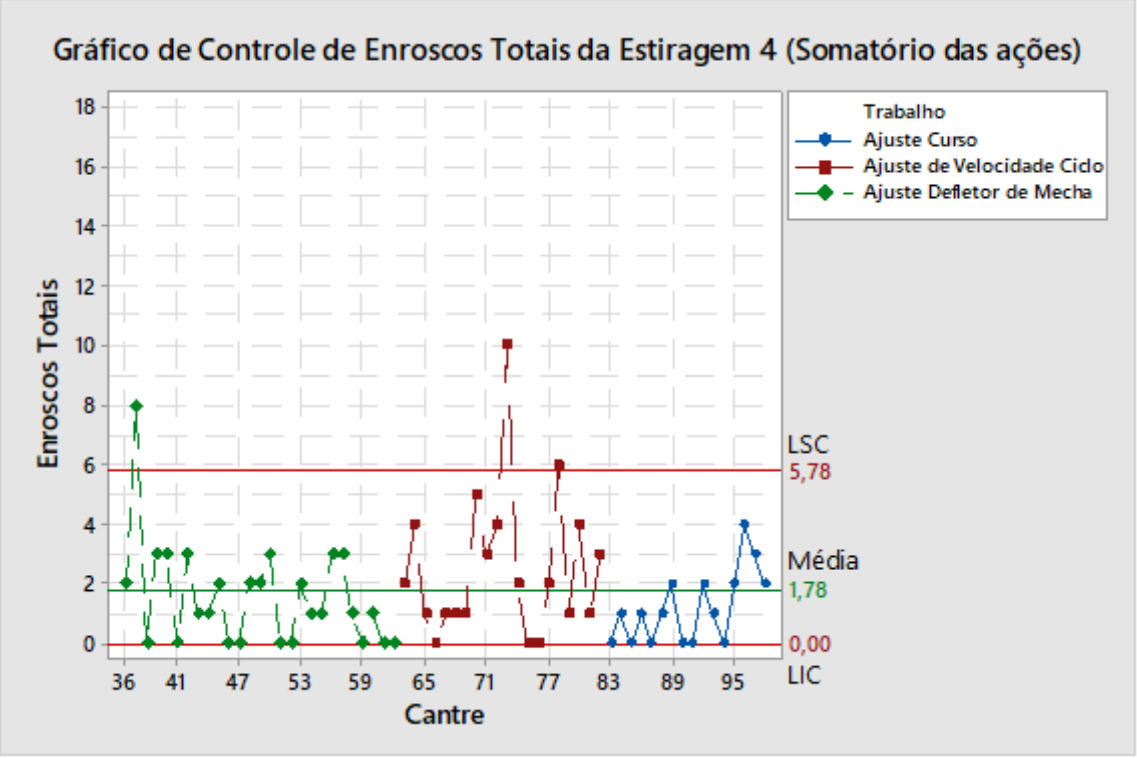
Segue os gráficos de controle para visualização geral dos resultados (Gráficos 15 e 16).

GRÁFICO 15 – GRÁFICO DE CONTROLE DOS RESULTADOS DE ENROSCOS TOTAIS DA ESTIRAGEM 3 (SOMATÓRIO DAS AÇÕES).



Fonte: A autora (2019)

GRÁFICO 16 – GRÁFICO DE CONTROLE DOS RESULTADOS DE ENROSCOS TOTAIS DA ESTIRAGEM 4 (SOMATÓRIO DAS AÇÕES).



Fonte: A autora (2019)

4.5 *ACT* (CORRIGIR)

Para ajuste, correção e novas definições de técnicas e equipamentos alterados ao longo do trabalho foram definidas algumas atividades depois do período de avaliação de desempenho.

4.5.1 Atividades pós acompanhamento de performance (Defletor de mecha)

Após a instalação e ajuste do defletor de mecha das linhas 3 e 4 respectivamente, não foram executadas intervenções com foco de aprimoramentos, visto que no período de trabalho até sua conclusão, os aparelhos não apresentaram déficit de desempenho, pois já existia a experiência de aplicação e acompanhamento desse equipamento em uma das máquinas.

Ficou definido que esse equipamento com tecnologia já aplicada na linha 4 será o padrão para as duas linhas após finalizados os trabalhos, e que não serão aceitas reinstalações de defletores com o modelo anteriormente aplicados na linha 3, cujo não apresentava um bom desempenho na arrumação das fibras de poliéster nos potes.

4.5.2 Atividades pós acompanhamento de performance (Ajuste da velocidade bambanagem)

Com relação ao ajuste de velocidade, ficaram definidas as frequências máximas e mínimas dos motores, para manter as velocidades de alta e baixa de rotação da bambanagem padronizada e com um tempo de ciclo completo perto dos 47 segundos.

Foi feito uma reunião interna no departamento de elétrica/instrumentação da área de manutenção para repasse e fidelização dos parâmetros utilizados para ajuste da velocidade dos pratos giratórios. Com isso foi definido o padrão.

4.5.3 Atividades pós acompanhamento de performance (Instalação da pinça e ajuste de velocidade de final de curso da mesma)

Mediante aplicação de novo equipamento (linha 3) com sistema hidráulico de acionamento das pinças diferentes da aplicada anteriormente, foi preciso fazer ajustes de velocidade dos pistões hidráulicos para que o tempo dos movimentos ficassem semelhantes ao da pinça da linha 4.

Em relação ao ajuste de velocidade de giro da pinça, realizado por motor elétrico, não foi necessário nenhum ajuste após implementação. Ficou definido como padrão a redução de velocidade no final de curso da pinça como prática eficiente, logo tornou-se o novo padrão a partir deste trabalho.

4.5.4 Atividades pós acompanhamento de performance (Calha da pinça)

Apesar de não ter havido acompanhamento significativo, a equipe considerou o que ao menos por questões de segurança operacional, o ajuste de centralização das calhas deve ser verificado e corrigido sempre que houver manutenção preventiva na estrutura da pinça.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo desse trabalho foi possível aplicar e constatar conhecimentos adquiridos durante todo o curso, de forma a abranger as áreas de qualidade, manutenção, produção, elétrica/instrumentação, estatística, informática etc.

O período relatado neste trabalho pode ser definido como rico em aprendizado técnico, profissional e pessoal, no qual foi possível a troca de experiências com profissionais de várias áreas e pessoas de personalidades distintas, notando-se a abrangência do trabalho em equipe e o desafio que é manter todos os membros focados num mesmo objetivo.

O objetivo que se pretendia no início dos trabalhos foram considerados alcançados com sucesso. A equipe de realização ficou inteiramente satisfeita com a qualidade, eficiência e desempenho de seus membros, bem como com as ações realizadas por cada integrante.

O objetivo de levantar, estudar e aplicar literaturas pertinentes, propostas para uso do PDCA aplicado ao estudo de desempenho do processo teve um aspecto de simplicidade, devido a vastidão de matérias a respeito do assunto.

A avaliação do sistema produtivo de poliéster com contribuição na identificação das causas principais que impactam no tempo efetivo de produção foi realizada de forma a possibilitar a identificação das partes das linhas de produção que provocavam o baixo desempenho do processo.

A definição de ferramentas estatísticas foi de suma importância para o acompanhamento do desempenho das ações do trabalho de melhoria. Na fábrica são utilizados gráficos de controle e histograma com frequência, vindo daí a naturalidade na utilização dessas ferramentas. Fica clara a pouca utilização do histograma para o acompanhamento, já o mesmo não se aplica os gráficos de controle, que permitiu a melhor visualização das ocorrências do processo.

Após todo as definições de causas e ferramentas, conseguiu-se por fim propor alternativas de melhorias em conjunto e com alinhamento de todos os membros da equipe de melhoria. Para isso foi utilizada a técnica de brainstorming, que permitiu o alcance dos objetivos mencionados.

Todos os equipamentos utilizados são de domínio da empresa de fabricação de fibra de poliéster situada no município do Cabo de Santo Agostinho em Pernambuco.

Teve-se por vezes, dificuldade em reunir toda a equipe, devido as outras atividades exercidas por eles dentro da organização, por conta disso, algumas reuniões foram realizadas sem a presença de todos os membros da equipe, que de forma geral não foi prejudicial a qualidade do trabalho, mas fez com que ele fosse realizado com um espaçamento maior do que poderia ter sido se a comunicação fosse efetiva.

Não foram observados problemas com relação a divergência de pensamentos entre membros do grupo de melhoria, as decisões sempre foram unânimes e todos se sentiram confortáveis com as mesmas.

É de se esperar que essas ações contribuam como direcionamento e exemplo para demais trabalhos de melhorias a serem realizados nessa empresa em questão, para que a qualidade desejada seja sempre perseguida e alcançada.

Com relação a redução de enroscos totais por cantre, ficou claro que ao final deste trabalho os resultados da linha 3 estão aquém da linha 4, de forma a num futuro haver a necessidade de um maior aprofundamento dessas causas para definições de novas ações regidas pelo ciclo PDCA.

5.1 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS

Os potes são ferramentas de armazenamento de cabo de fibras de poliéster originadas na etapa de fiação, esses recipientes possuem um apoio ou estrutura de sustentação, que são apelidadas de pés dos potes, em que não há padronização quanto à altura, extensão e área de contato com o chão.

Uma proposta de trabalho seria estudar a relevância dessa parte da estrutura do pote para a arrumação das fibras nele, como possível contribuinte para o evento do enrosco na cantre, já que essa estrutura que apoia o pote nos pratos da bambanagem. Ideal que haja padronização entre eles.

Como já mencionado, foram realizados ajustes de pressão hidráulica para que os movimentos da pinça 3 ficassem próximos aos tempos de execução da pinça 4, porém ainda permaneceram diferenças no tempo total do movimento, que acumula pequenas porções em casa micromovimento hidráulico (fechamento, suspenção, abaixamento, abertura).

A sugestão neste caso é realizar um acompanhamento do desempenho de movimentação da piça nova e tentar avaliar sua contribuição para os resultados de enrosco.

REFERÊNCIAS

CALLISTER, William D.; RETHWISCH, David G. **Ciência e engenharia dos materiais**: uma introdução. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CAMARGO, Wellinton. **Controle de qualidade total**. Apostila. Curitiba: Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná, 2011.

DO VALE, Leonardo Aguiar. **Metodologia PDCA Aplicada à Empresa Prestadora de Serviço**. 2018. 78 f. TCC (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

FEITOR, Michelle Cequeira. **Estudo da molhabilidade de tecidos 100% poliéster tratados em plasma N_2/O_2 e O_2 em função do seu envelhecimento natural**. 2006. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

FERREIRA, Aline Aparecida; CASTRO, Mariana Saran Ferreira de. **Estudo para retirada de ensimagem de fibras de poliéster**. 2014. 35 f. TCC (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2014.

FRANCISCO, Fabiano da Silva. **Estudo do Controle Estatístico de Processo como Ferramenta para Gerenciamento de uma Unidade Fabril de Revestimentos Cerâmicos**. 2015. 70 f. Trabalho científico - Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2015.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2008.

GONZALEZ, Rodrigo Valio Dominguez; MARTINS, Manoel Fernando. Melhoria contínua e aprendizagem organizacional: múltiplos casos em empresas do setor automobilístico. **Gestão da Produção** [online]. v. 18, n. 3, p. 473-486, 2011.

LEANDRO, Flávio Luís. **A utilização da estatística como ferramenta na tomada de decisão:** estudo de caso em uma indústria de base. 2008. 47 f. Trabalho científico (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

MONTGOMERY, C. Douglas**. Introduction to Statistical Quality Control**. 7. ed. Tempe: John Wiley & Sons. 2013.

NASCIMENTO, Adriano Fagner Gonçalves. **A utilização da metodologia do ciclo PDCA no gerenciamento da melhoria contínua**. 2011. 37 f. Trabalho científico - Faculdade Pitágoras, São João Del Rei, 2011.

NAVARRO, Roberta Maria Salvador. **Análise de ensaios de lavagem em tecidos de poliéster com diferentes concentrações de sabão de uso doméstico**. 2007. 66 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Química, Campinas, 2007.

PATEL, Neil. **Brainstorming**: O Que É, Como Fazer (Passo a Passo). Disponível em: <https://tecnoblog.net/247956/referencia-site-abnt-artigos/>. Acesso em: 06 out. 2019.

Portal Action. **1.7 - HISTOGRAMA**. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/estatistica-basica/17-histograma> Acesso em: 07 out. 2019.

Portal Action. **2 - Gráficos ou cartas de controle**. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/controle-estatistico-do-processo/graficos-ou-cartas-de-controle> Acesso em: 07 out. 2019.

RAMOS, Jair; SILVA, Iury Sousa e. **Tecnologia de Estiragem**. Apostila. Cabo de Santo Agostinho: 2012.

SANTOS, Felipe Vieira dos. **Ferramentas da Qualidade para Prevenções de Falhas Aplicadas à Industria Automotiva**. 2015. 55 f. Trabalho científico - Universidade São Francisco, Campinas, 2015.

SARAIVA, Romulo. **EPI pode ser obstáculo da aposentadoria especial**. 2014. Disponível em: <http://blogs.diariodepernambuco.com.br/espacodaprevidencia/epi-pode-ser-obstaculo-da-aposentadoria-especial/> Acesso em: 28 out. 2019.

SHIBA, S.; GRAHAM, A.; WALDEN, D. **TQM: quatro revoluções na gestão da qualidade**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

SILVA, Iury Sousa e. **Processo de Fabricação de Fibra de Poliéster: Polimerização, Fiação e Estiragem**. Apostila. Cabo de Santo Agostinho: 2010.

APÊNDICE A – MEMORIAL DE CÁLCULO DA DIFERENÇA DE PRODUTIVIDADE ENTRE AS LINHAS 3 E 4 ANTES DAS AÇÕES DO TRABALHO POR CANTRE

O memorial tem o objetivo de descrever a diferença de produtividade entre as duas linhas, o cálculo será baseado no número de paradas considerando para cada linha os valores antes das ações do programa de melhoria.

Seguem as equações utilizadas:

$$P = E_m \times V_s \times t \tag{A1}$$

- "P" representa a produtividade (g);
- "E_m" representa a densidade linear da manta (ktex) ou (g/m);
- "V_s" representa a velocidade dos cilindros de tração na saída da estiragem (m/min);
- "t" representa o período em que desejamos saber a produtividade (min).

$$t = (P_3 - P_4) \times t_t \tag{A2}$$

- "P_3" representa o número de paradas por cantre da estiragem 3;
- "P_4" representa o número de paradas por cantre da estiragem 4;
- "t_t" representa o tempo de parada em caso de enroscos (min).

$$E_m = \frac{T_e \times F \times N_p \times P_c}{10000} \tag{A3}$$

- "T_e" representa o título da fibra acabada (dtex) ou (g/10000m);
- "F" representa o número de furos das fieiras na fiação;
- "N_p" representa número de posições finado na fiação, máximo 48;
- "P_c" representa número de potes para formação da cantre.

$$T_e = \frac{T_f}{T_x} \times 105\% \tag{A4}$$

$$T_f = \frac{\frac{D_f}{F} \times 10000}{V_c} \times 103\% \tag{A5}$$

$$T_x = \frac{V_s}{V_e} \tag{A6}$$

- "D_f" representa vazão de polímero na fiação por posição (g/min);
- "V_c" representa a velocidade dos cilindros de tração na fiação;

- "T_f" representa o título da fibra após a etapa de fiação (dtex) ou (g/10000m);
- "T_x" representa a razão entre as velocidades de entrada e saída na estiragem (m/min / m/min);
- "V_e" representa a velocidade dos cilindros de tração na entrada da estiragem (m/min);
- "105%" considerando deslizamentos entre fibras e rolos na estiragem, tem-se o aumento do título que não foi adequadamente tracionado, cerca de 5%;
- "103%" considerando deslizamentos entre fibras e rolos na fiação, tem-se o aumento do título que não foi adequadamente tracionado, cerca de 3%.

Para isso, segue a Tabela A1 com as atribuições de valores e os respectivos resultados para o número de paradas da máquina 3 igual a 10,90 (média antes das intervenções) e da máquina 4 igual a 4,49. Para cálculo de produtividade vamos considerar o tempo de cada parada de 10 minutos. Usando as equações 1, 2, 3, 4, 5 e 6:

TABELA A1: VALORES OBTIDOS PARA A DIFERENÇA DE PRODUTIVIDADE EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE PARADAS DE CADA MÁQUINA.

Produtividade Estiragem para fibra de 1,3 dtex		
Variáveis	**Valores**	**Símbolo**
Produtividade (g)	2398739,30	P
Produtividade (kg)	2398,74	P/1000
Título manta (ktex) ou (g/m)	267,30	E_m
Velocidade ultimo trem tracionador estiragem (m/min)	140	V_s
Tempo de estiragem (min)	64,1	t
Título fibra (dtex) ou (g/10000m) - Estiragem	1,33	T_e
Título fibra (dtex) ou (g/10000m) - Fiação	3,41	T_f
Numero de furos da fieira	855	F
Numero de posições funcionado em cada fiação	48	N_p
Numero de potes da cantre	49	P_c
Débito ou Vazão de polímero na fiação por posição (g/min)	520	D_f
Velocidade de fiação ou Velocidade dos cilindros de tração do cabo na fiação (m/min)	1838	V_c
Taxa de estiragem	2,69	T_x
Velocidade primeiro trem tracionador estiragem (m/min)	52	V_e
Escorregamento Fiação (%) - Valor considerado pela empresa	3	103%
Escorregamento Estiragem (%) - Valor considerado pela empresa	5	105%
Tempo de parada na Estiragem 4 (min)	10	t_t
Número de paradas Estiragem 4	4,49	P_4
Número de paradas Estiragem 3	10,9	P_3

Fonte: A autora (2019)

TABELA A2: LEGENDA DA TABELA A1.

Legenda	
	Resultado final
	Resultados intermediários
	Valor chave de aplicação
	Valores de entrada

Fonte: A autora (2019)

Logo a diferença de produtividade entre as linhas, levando em consideração apenas as paradas por enroscos e desconsiderando outros fatores é de **P = 2398,74 kg** de fibra acabada.