



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Ana Margarida Pinto Alves

ANÁLISE DE UM PROCESSO DE TRICOTAGEM

Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, orientada pelo Professor Doutor Cristóvão Silva e apresentada ao departamento de Engenharia Mecânica.

Fevereiro de 2021

1 2



9 0

FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Análise de um processo de tricotagem

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica na Especialidade de Energia e Ambiente

Knitting process analysis

Autor

Ana Margarida Pinto Alves

Orientadores

Professor Doutor Cristóvão Silva

Engenheiro Manuel Pires

Júri

Presidente	Professora Doutora Aldora Gabriela Fernandes Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra
Orientador	Professor Doutor Cristóvão Silva Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Vogais	Professor Doutor Cristóvão Silva Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional

Ansell Ansell Portugal

Coimbra, fevereiro, 2021

“The future belongs to those who believe in the beauty of their dreams.”

“O futuro pertence a quem acredita na beleza dos seus sonhos”

Eleanor Roosevelt

Ao meu Avô.

Agradecimentos

Apesar do pouco tempo que pude estar presencialmente na Ansell Portugal, tive a oportunidade de conhecer pessoas imprescindíveis à realização desta dissertação.

Assim, gostaria de prestar os meus agradecimentos à entidade, ao Engenheiro Sérgio Reis e ao Dr. Hélder Fonseca pela oportunidade que me foi concedida.

Ao meu orientador, Engenheiro Manuel Pires um grande agradecimento por toda a ajuda prestada, bondade, compreensão e dedicação.

Ao Engenheiro Martim agradeço o acompanhamento e auxílio dado.

À Dra. Alexandra Ventura pela sua simpatia.

A todos os colaboradores e trabalhadores pela simpatia e receptividade, em especial ao Sr. António pela sua amabilidade.

Queria também agradecer à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra e ao meu orientador o Professor Doutor Cristóvão Silva pelo seu tempo e disponibilidade.

Por fim, obrigada aos meus pais, à minha irmã e ao Samuel, por todo o apoio, dedicação, incentivo e carinho incondicional, sem eles seria inexequível.

Resumo

Para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica realizei um estágio no ano de 2020 numa empresa pertencente ao grupo Ansell.

A Ansell Portugal é uma empresa que produz equipamento de proteção e segurança corporal, tal como luvas e mangas industriais.

O trabalho desenvolvido nesta dissertação foi executado no seio de uma equipa, que se encontrava a desenvolver um projeto de melhoria e de aumento de produtividade.

Esta dissertação tem como objetivo uma análise da zona de tricotagem da fábrica, responsável pela produção de luvas industriais.

Com o propósito de melhorar um processo já existente foi utilizada a ferramenta seis sigma, nomeadamente a metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve e Control*).

O desenvolvimento do projeto dependeu da recolha de dados e da sua análise por parte da equipa seis sigma. Esta por sua vez, focou a sua atenção em problemáticas existentes na área de tricotagem e em possíveis propostas de melhoria.

Assim, foi efetuada a recolha dos tempos de ciclo das máquinas de tricotar. Foram de igual forma estudados alguns artigos de luva, nomeadamente o artigo K11435, K11738, K11931, KP3000 e KP5000, e coletados os dados dos trabalhos dos técnicos de manutenção preventiva e corretiva.

Finalizada a recolha de dados, constatou-se que os tempos de ciclo diferiam em máquinas iguais, a produzir o mesmo artigo e o mesmo tamanho. A principal causa de paragens das máquinas de tricotar nos artigos de luva K11435 e K11738 ocorrera nos fios. E nos artigos K11931, KP3000 e KP5000, a luva presa era o principal problema.

Com esta informação, foram propostas e implementadas algumas soluções de melhoria, tais como a colocação de novos sensores nos artigos K11738 e K11931.

Palavras-chave: Máquina de Tricotar, Luvas, Seis Sigma, DMAIC, Melhoria.

Abstract

To obtain a master's degree in Mechanical Engineering, I did an internship in 2020 at a business entity of the Ansell group.

Ansell Portugal is a company that produces body protection and safety equipment, such as industrial gloves and sleeves.

The work developed in this dissertation was carried out within a team, which was developing a project to improve and increase productivity.

This dissertation aims to analyze the knitting area of the factory, responsible for the production of the industrial gloves.

To improve an existing process, the six-sigma tool was used, namely the DMAIC methodology (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control).

The development of the project depended on data collection and analysis by the six-sigma team. This, in turn, focused its attention on existing problems in the knitting area and on possible proposals for improvement.

Therefore, the cycle times of the knitting machines were collected. Where some articles of the glove were studied, specifically the article K11435, K11738, K11931, KP3000, and KP5000, and the work of preventive and corrective technician's data were collected.

After data collection was completed, it was found that cycle times differed on the same machines, producing the same article and the same size. The main cause of blockages of the knitting machines in the glove articles K11435 and K11738 occurred in the yarns. And in articles K11931, KP3000, and KP5000, the stuck glove was the main problem.

With this information, some improvement solutions were proposed and implemented, such as the placement of new sensors in articles K11738 and K11931.

Keywords: Knitting Machine, Gloves, Six Sigma, DMAIC, Improvement.

Índice

Índice de Figuras	viii
Índice de Tabelas	x
Siglas	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. DESCRIÇÃO DA EMPRESA	2
2.1. Grupo Ansell	2
2.2. Ansell Portugal	3
2.3. Processo Produtivo	3
2.3.1. Setor têxtil	3
2.3.2. Setor dipping	6
3. REVISÃO DA LITERATURA	8
3.1. Seis Sigma	8
3.2. DMAIC	10
3.3. Ferramentas utilizadas na abordagem DMAIC	11
4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC	14
4.1. <i>Define</i>	14
4.1.1. Descrição do problema	14
4.1.2. Objetivo do projeto	14
4.1.3. Artigos em estudo	15
4.1.4. Equipa do projeto	15
4.1.5. Planeamento	16
4.2. <i>Measure e Analyse</i>	18
4.2.1. Relação entre as ocorrências e as máquinas	19
4.2.2. Tempo de ciclo	42
4.2.3. Recolha do trabalho dos técnicos de manutenção	43
4.3. <i>Improve</i>	44
5. CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
ANEXO A	52
ANEXO B	54
ANEXO C	58
ANEXO D	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de luvas na Ansell Portugal.	3
Figura 2 - Máquina de tricotar.....	5
Figura 3 - Secção de tricotagem da Ansell Portugal.	5
Figura 4 - Layout da zona em estudo.	5
Figura 5 - Célula de fluxo contínuo na secção de costura.....	6
Figura 6 - Secção Hycron.....	7
Figura 7 - Secção <i>Hyflex</i>	7
Figura 8 - Secção PVC.....	7
Figura 9 - Mapa do processo.....	16
Figura 10 - Análise das partes interessadas.....	17
Figura 11 - Nº ocorrências fio a fio por dia e tipo de problema no artigo K11738.....	20
Figura 12 - Nº ocorrências por dia e tipo de problema no artigo K11738.	20
Figura 13 - Frequência de paragens fio a fio no artigo K11738 (min/dia).....	21
Figura 14 - Frequência de paragens no artigo K11738 (min/dia).	21
Figura 15 - Nº ocorrências por máquina no artigo K11738.	22
Figura 16 - Duração das paragens por máquina fio a fio no artigo K11738.....	22
Figura 17 - Duração das paragens por máquina no artigo K11738.....	23
Figura 18 - Nº ocorrências fio a fio por dia e tipo de problema no artigo K11435.....	24
Figura 19 - Nº ocorrências por dia e tipo de problema no artigo K11435.	24
Figura 20 - Frequência de paragens fio a fio no artigo K11435.	25
Figura 21 - Frequência de paragens no artigo K11435.	25
Figura 22 - Nº ocorrências por máquina no artigo K11435.	26
Figura 23 - Duração das paragens fio a fio por máquina no artigo K11435.....	26
Figura 24 - Duração das paragens por máquina no artigo K11435.....	27
Figura 25 - Nº ocorrências fio a fio por dia e tipo de problema do artigo K11927.....	28
Figura 26 - Nº ocorrências por dia e tipo de problema no artigo K11927.	28
Figura 27 - Frequência de paragens fio a fio no artigo K11927.	29
Figura 28 - Frequência de paragens no artigo K11927.	29
Figura 29 - Nº de ocorrências por máquina no artigo K11927.	30

Figura 30 - Duração das paragens fio a fio por máquina no artigo K11927.	30
Figura 31 - Duração das paragens por máquina no artigo K11927.	31
Figura 32 - Nº ocorrências fio a fio por dia e tipo de problema no artigo KP5000.	32
Figura 33 - Nº ocorrências por dia e por tipo de problema no artigo KP5000.	32
Figura 34 - Frequência de paragens fio a fio no artigo KP5000.	33
Figura 35 - Frequência de paragens no artigo KP5000.	33
Figura 36 - Nº ocorrências por máquina no artigo KP5000.	34
Figura 37 - Duração das paragens fio a fio por máquina no artigo KP5000.	34
Figura 38 - Duração das paragens por máquina no artigo KP5000.	35
Figura 39 - Nº ocorrências fio a fio por dia e tipo de problema no artigo K11931.	35
Figura 40 - Frequência de paragens fio a fio no artigo K11931.	36
Figura 41 - Nº ocorrências por dia e tipo de problema no artigo K11931.	36
Figura 42 - Frequência de paragens no artigo K11931.	37
Figura 43 - Nº ocorrências por máquina no artigo K11931.	37
Figura 44 - Duração das paragens por máquina fio a fio no artigo K11931.	38
Figura 45 - Duração das paragens por máquina no artigo K11931.	38
Figura 46 - Nº ocorrências fio a fio por dia e tipo de problema no artigo KP3000.	39
Figura 47 - Nº ocorrências por dia e tipo de problema no artigo KP3000.	39
Figura 48 - Frequência de paragens fio a fio no artigo KP3000.	40
Figura 49 - Frequência de paragens no artigo KP3000.	40
Figura 50 - Nº ocorrências por máquina no artigo KP3000.	41
Figura 51 - Duração das paragens fio a fio por máquina no artigo KP3000.	41
Figura 52 - Duração das paragens por máquina no artigo KP3000.	42
Figura 53 - Diagrama de Ishikawa.	58

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Artigos de luva em estudo.....	15
Tabela 2 - Equipa seis sigma.....	16
Tabela 3 - Matriz RACI.	17
Tabela 4 - Plano de comunicação.....	18
Tabela 5 - Comparação entre o tempo de ciclo real e o tempo de ciclo especificado para o artigo K11435.	52
Tabela 6 - Comparação entre o tempo de ciclo real e o tempo de ciclo especificado para o artigo KP3000.	52
Tabela 7 - Comparação entre o tempo de ciclo real e o tempo de ciclo especificado para o artigo K11738	52
Tabela 8 - Comparação entre o tempo de ciclo real e o tempo de ciclo especificado para o artigo K11931.	53
Tabela 9 - Percentagem de máquinas que se encontra acima, abaixo ou na média do tempo de ciclo especificado.	53
Tabela 10 - Formulário para verificação da alteração na velocidade de produção.	54
Tabela 11 - Formulário para recolha de problemas por artigo vs. máquina.....	55
Tabela 12 - Formulário técnicos de manutenção preventiva.....	56
Tabela 13 - Formulário técnicos manutenção corretiva.	57
Tabela 14 - Número e duração de ocorrências antes da colocação de sensores no artigo K11927.....	59
Tabela 15 - Número e duração de ocorrências após a colocação de sensores no artigo K11927.....	60
Tabela 16 - Número e duração de ocorrências antes da colocação de sensores no artigo K11738.....	61
Tabela 17 - Número e duração de ocorrências após a colocação de sensores no artigo K11738.....	62

SIGLAS

5W – 5 Why's

5W2H – Who, What, When, Where, Why, How, How much

DFSS – Design for Six Sigma

DMAIC – Define, Measure, Analyse, Improve, Control

FCTUC – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

IT – Informatic Technician

PVC – Policloreto de Vinilo

RACI – Responsible, Accountable, Consulted, Informed

VOC – Voice of the Customer

1. INTRODUÇÃO

“É do conhecimento que nasce a vantagem competitiva de um negócio, e tê-lo é abrir as portas para se chegar a número 1.” (Castro, 2016, p.93).

Sabendo isto, a Ansell Portugal tem vindo a crescer enquanto entidade e a desenvolver as competências necessárias para a competição existente no mercado, e com isto tem crescido também dentro do Grupo a que pertence.

Este projeto foca o seu estudo na área de tricotagem, sendo esta a mais importante na fábrica em termos de produção. Nesta área são produzidos apenas dois tipos de artigos, luvas e mangas, que após o processo de produção finalizado serão levados para a zona de acabamento da fábrica.

O objetivo deste trabalho é a análise do processo produtivo das luvas industriais na área de tricotagem da Ansell Portugal, utilizando a metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve e Control*), pertencente à seis sigma.

Assim, fez-se a monitorização e recolha de dados do desempenho das máquinas em cada célula produtiva, consoante o artigo em estudo. Foram criados registos de manutenção para cada máquina, e por fim, foram implementadas propostas de melhoria.

Esta dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos.

A introdução, primeiro capítulo, apresenta a descrição da temática, o foco da dissertação, o objetivo e a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo apresenta a empresa internacional - Grupo Ansell, e a sua história, focando-se na componente nacional, onde foi desenvolvido o estágio.

A revisão da literatura é desenvolvida no terceiro capítulo. Sendo abordado o seis sigma, a sua metodologia DMAIC e as ferramentas utilizadas no seguinte estudo.

No quarto capítulo são aplicados os conceitos mencionados anteriormente que permitiram a realização do presente relatório, mais concretamente serão analisados os problemas existentes, exploradas possíveis causas de baixa produtividade e propostas de melhoria. Por fim, o último capítulo apresenta as conclusões do trabalho realizado.

2. DESCRIÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo irei proceder à apresentação do grupo Ansell, e da sua subsidiária, a Ansell Portugal, localizada na zona industrial de São Miguel de Poiares, em Vila Nova de Poiares.

2.1. Grupo Ansell

A Ansell é um grupo de empresas internacional que produz materiais de proteção, com sede em Melbourne na Austrália.

Formada como Dunlop Pneumatic Tyre Company of Australasia Ltd. em 1899, produziu diversos produtos como pneus para automóveis, preservativos, máscaras de gás, balões meteorológicos, luvas de látex, têxteis, baterias, alimentos e produtos de borracha como calçado.

Em 1990 era das maiores empresas da Austrália. Após alguns problemas financeiros, decidiu focar os seus esforços nos produtos de saúde.

A firma sofreu inúmeras alterações ao longo do tempo, alterando por fim para Ansell Limited, em 2002, devendo o seu nome a Eric Norman Ansell, fundador da Ansell Rubber Company.

Nos últimos anos continua a adquirir subsidiárias e a crescer enquanto empresa. Atualmente, o grupo produz equipamentos de proteção e segurança, como luvas industriais no setor industrial, bem como luvas descartáveis e proteção corporal no setor da saúde.

De entre os seus produtos destacam-se a Encore®, Gammex®, Microflex®, Micro-Touch® e TouchNTuff® (luvas descartáveis) e a HyFlex®, ActivArmr®, AlphaTec®, Microflex®, TouchNTuff® e Edge® (luvas industriais), sendo o processo de produção destas últimas material de foco no trabalho desenvolvido (Pereira, 2020).

2.2. Ansell Portugal

A Ansell Portugal foi fundada em 1989, como Franco Manufatura de Luvas, Lda, iniciando o seu funcionamento no ano seguinte com apenas 53 trabalhadores, 2 turnos e com uma capacidade de produção anual de 1,8 milhões de pares de luvas.

Em 2021 com o nome Ansell Portugal-Industrial Gloves, Sociedade Unipessoal, Lda, a empresa dedica-se à produção e distribuição de luvas e mangas industriais para proteção e segurança, como luvas de trabalho, para soldadores e eletricitistas. Realiza também ensaios e análises técnicas.

A entidade possui um volume de negócios de 20.000.000€, sendo na área têxtil de 4.000.000€, dispõe de aproximadamente 365 trabalhadores, funcionando com 3 turnos, sendo o primeiro turno das 6h-14h, o segundo das 14h-22h e o terceiro das 22h às 6h (Pereira, 2020).

2.3. Processo Produtivo

A fábrica da Ansell Portugal é constituída por um setor têxtil e um setor de *dipping*, ambos com objetivos diferentes.

2.3.1. Setor têxtil

O setor têxtil encontra-se dividido em 3 zonas, a zona *covering*, a zona tricotagem e por fim a zona de costura.

Neste setor são produzidos equipamentos de proteção, tais como luvas e mangas de proteção (Monteiro, 2017).

Os tipos de luvas industriais produzidas são mencionados abaixo:



Figura 1 - Tipos de luvas na Ansell Portugal.

2.3.1.1. Covering

Todo o processo têxtil da empresa tem início nesta zona. A matéria prima proveniente de fontes externas, nomeadamente o fio, sofre um processo de retorção, dando origem aos fios técnicos, que serão posteriormente utilizados nas máquinas de tricotar com a finalidade de produzir luvas industriais (Pereira, 2020).

2.3.1.2. Tricotagem

Este é o processo mais importante na produção de artigos têxteis, sendo que os outros setores dependem dos seus resultados (Pereira, 2020).

O processo de tricotagem inicia-se com a colocação de cilindros bobinados nas máquinas de tricotar (figura 2) e o posicionamento dos fios nas máquinas. De seguida, os operadores primem o botão para iniciar o processo. Este, por sua vez, é automático e contínuo (Pereira, 2020).

Durante esta fase, a paragem das máquinas pode ocorrer de forma intencional ou devido a erros. Os técnicos procedem à paragem das máquinas por motivos de manutenção ou aquando da programação da máquina, para alteração do artigo/tamanho (Pereira, 2020).

No final, o artigo cai num cesto, que se encontra na parte exterior da máquina. Dando-se, posteriormente o recolhimento e a deslocação dos artigos pelos operadores para as máquinas de inversão. Estas máquinas, alocadas no início de cada célula, servem para inverter as luvas, por outros operadores (Pereira, 2020).

Após a inversão, é realizada a contagem, distribuição e armazenamento dos artigos, que serão reservados por um período de tempo (os artigos permanecem em repouso até poderem ser manipulados novamente). Sendo posteriormente conduzidos para a zona de *dipping* (Pereira, 2020).

A zona de tricotagem é composta por células com um número variável de máquinas, entre 12 e 19, existindo no total 544 máquinas de tricotar (como é possível observar nas figuras 3 e 4) (Pereira, 2020).

As máquinas de tricotar são programadas semanalmente, havendo variação no artigo de luva produzido e o tamanho estabelecido (Pereira, 2020).



Figura 2 - Máquina de tricotar.



Figura 3 - Secção de tricotagem da Ansell Portugal.

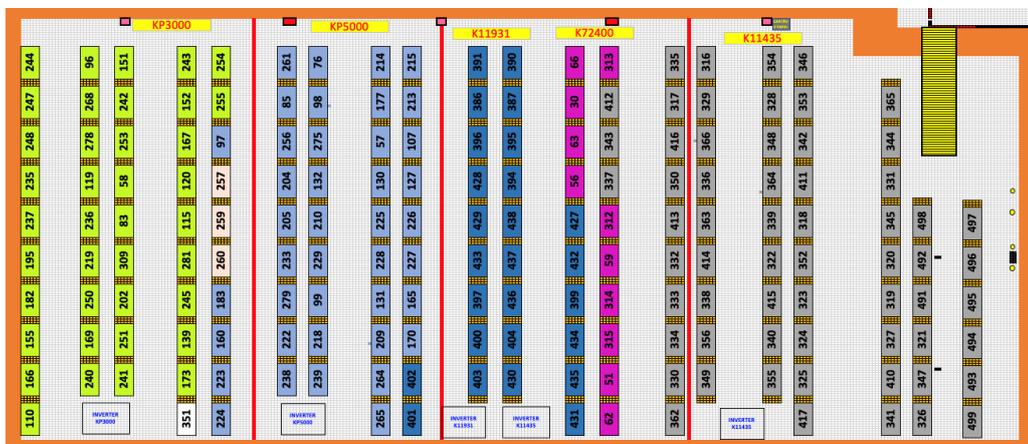


Figura 4 - Layout da zona em estudo.

2.3.1.3. Costura

A costura é a fase final de produção no setor têxtil, utilizada quando ocorrem defeitos (Pereira, 2020).

Nesta zona podemos encontrar células de fluxo contínuo (figura 5), onde se encontram 60 máquinas de costura e são realizados os últimos retoques ou correções necessárias (Pereira, 2020).

Aqui é realizado o acabamento têxtil, a adição de mangas, a ornamentação, e por fim a etiquetagem e embalagem das luvas. Seguidamente, as caixas onde se encontram as luvas, são palatizadas e levadas para o armazém (Pereira, 2020).



Figura 5 - Célula de fluxo contínuo na secção de costura.

2.3.2. Setor dipping

O setor *dipping* contém a fase final do processo produtivo. Os *liners* (luva não acabada) sofrem um processo de revestimento em máquinas de imersão em áreas distintas, nomeadamente, a *Hycron* (Figura 6), a *Hyflex* (Figura 7) e a PVC (Policloreto de Vinilo) (Figura 8). Este setor possui ainda uma zona de lavandaria e dois terminais de embalagem (Monteiro, 2017).

Na área *Hycron* os *liners*, inseridos em moldes, são introduzidos em tanques com diferentes químicos, de forma a criar um revestimento nos mesmos. Após este processo ocorre a vulcanização destes em fornos horizontais (Monteiro, 2017).

O processo de imersão na secção Hyflex é semelhante ao da área Hycron, apenas com a diferença de o processo Hyflex necessitar de uma tecnologia mais avançada para a sua realização (Monteiro, 2017).

Na secção PVC, o revestimento é realizado em máquinas PVC, através de uma tecnologia denominada *dotting*. Tal como o nome indica, são impressos pontos no PVC (Monteiro, 2017).

Após o revestimento, as luvas são carimbadas em terminais diferentes dependendo da tecnologia utilizada. Pode ocorrer por *Heat Transfer* (carimbar, orlar e embalar) ou utilizando a tampografia (carimbar e embalar) (Monteiro, 2017).

O processo *dipping* é finalizado com o embalamento das luvas, palatização e transporte para o armazém (Monteiro, 2017).



Figura 6 - Secção Hycron.



Figura 7 - Secção Hyflex.

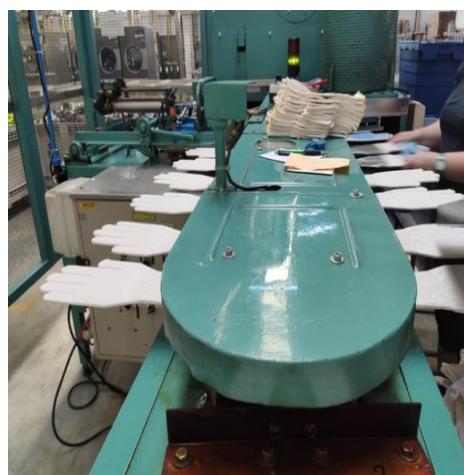


Figura 8 - Secção PVC.

3. REVISÃO DA LITERATURA

De acordo com Lousã et al. (2018), uma revisão da literatura possibilita a realização da “contextualização de um tema”, permitindo assim uma maior compreensão do objeto de estudo. Auxilia, de igual forma, a análise da problemática em questão.

3.1. Seis Sigma

A letra grega sigma (σ), em estatística conhecida por desvio padrão, é utilizada para avaliar a variação de um processo, baseando-se na capacidade de produzir sem defeitos. Denomina-se seis sigma, porque entre a média do processo e o valor especificado cabe 6 vezes o desvio-padrão (Tague, 2005).

“Six Sigma representa um conceito muito importante, o conceito da variação. Na vida, nada é constante. Tudo varia, por muito pouco que seja, ou no tempo, ou no espaço, ou em ambos.” (Castro, 2016, p.89).

Na década de 80, a empresa Motorola debatia-se com problemas, devido à competição por parte de novas empresas estrangeiras que entravam no mercado. Assim, a Motorola decidiu desenvolver uma estratégia de melhoria chamada seis sigma, com o objetivo de melhorar a qualidade dos produtos e serviços, diminuindo os custos, de forma a aumentar a satisfação dos seus clientes (Tague, 2005).

Com o conhecimento do sucesso que tinha sido obtido pela Motorola, outras empresas começaram a demonstrar interesse e a desenvolver essa abordagem, como exemplo a *General Electric* (Tague, 2005).

A ferramenta seis sigma é adotado a nível mundial e tem como objetivo a melhoria dos processos e resolução dos problemas existentes utilizando ferramentas estatísticas. Permite identificar e eliminar os erros, defeitos ou falhas, reduzir a variabilidade dos processos e o tempo de produção. Assim como, para aumentar a rentabilidade, diminuir as perdas, reduzir os custos de qualidade e melhorar a efetividade/eficiência de todas as operações que satisfaçam ou mesmo excedam as expectativas dos clientes (Smetkowska e Mrugalska, 2018).

De acordo com Tague (2005) este método consegue desenvolver um processo, produto ou serviço com “aproximadamente 3 defeitos por milhão de oportunidades”, aumentando assim a confiança do cliente.

Na aplicação do seis sigma é efetuada a recolha de dados reais, de forma a realizar uma análise detalhada, como forma de investigar potenciais erros. No entanto, a sua função não é somente a resolução de problemas, mas também o entendimento dos processos de gestão. Como forma de assegurar a melhoria contínua de todos os aspetos numa organização, tanto a nível de gestão como a nível de desempenho (sem conflito de interesse profissional) (Smetkowska e Mrugalska, 2018).

O seis sigma possui duas metodologias para a melhoria de processos. A DMAIC é utilizada para melhorar um produto ou processo já existente. Enquanto a DFSS (Design For Six Sigma) é empregue aquando do desenvolvimento de novos produtos ou processos (Smetkowska e Mrugalska, 2018).

Castro (2016) afirma que para a aplicação do six sigma em projetos, é fundamental a criação de uma equipa six sigma composta por pessoas empenhadas e com as competências necessárias para obter um projeto bem-sucedido. Os elementos da equipa têm a função de planificar e elaborar um projeto de forma complementar. Estes são apresentados seguidamente, de uma forma hierárquica.

O *Champion* ou *Sponsor* é conhecedor da teoria, dos princípios e das práticas do seis sigma. É responsável pela consagração da equipa, com a possível ajuda do líder de equipa, sendo essencial para o sucesso do projeto (Castro, 2016).

O *Master Black Belt* é um elemento valioso, pois têm como função o treino dos Black e Green Belts, fornecendo aconselhamento especializado. Possuem um conhecimento exclusivo e uma vasta experiência de seis sigma (Tang, 2006).

O *Black Belt* atua como um *Team Leader* têm experiência na utilização de ferramentas e técnicas para prevenção e resolução de problemas, orientando os elementos *Green Belt* na condução do grupo de trabalho (Tang, 2006).

Os elementos *Green Belt* auxiliam o *Black Belt* na recolha de dados, no desenvolvimento de experiências e na liderança de pequenos projetos (Tang, 2006).

E por fim, o *Project Owner* é a pessoa responsável pelo projeto e pela implementação e manutenção das soluções encontradas (Tang, 2006).

3.2. DMAIC

Sendo uma das abordagens mais utilizadas no mundo, a DMAIC tem como objetivo aumentar a eficácia, a produção e diminuir os tempos da mesma nos projetos (Castro, 2016).

Como mencionado anteriormente, esta metodologia tem com função melhorar produtos ou processos já existentes.

Encontra-se assim, dividida em 5 fases: *define* (definir), *measure* (medir), *analyse* (analisar), *improve* (melhoria) e *control* (controlar). Seguidamente irei descrever cada uma das fases sumariamente (Castro, 2016).

A fase *define* serve como o nome indica para definir o projeto. Nesta fase procede-se à verificação dos problemas existentes, estudo dos requerimentos dos clientes e a escolha dos elementos da equipa de trabalho e atribuição das devidas funções. Esta fase surgiu apenas na empresa General Electric. As possíveis ferramentas a utilizar são o diagrama de alto nível do processo, VOC (*Voice Of the Customer*) análise das partes interessadas, o plano de comunicação e a matriz RACI (*responsible, accountable, consulted, informed*), sendo estes últimos aplicados neste estudo (Castro, 2016).

A fase *Measure* permite a avaliação da “performance atual” da matéria em estudo. Assim, procede-se à recolha e compilação de dados, servindo de ponto de partida para encontrar as origens dos problemas e traçar planos de melhoria. É possível ordenar os problemas pelo seu grau de importância e a sua resolução. O gráfico de Pareto é uma das ferramentas utilizada nesta fase (Castro, 2016).

Após a recolha dos dados, procede-se à análise e avaliação dos mesmos. Sendo esta a fase *analyse*. Nesta, são utilizadas as ferramentas Brainstorming, o 5W (5 *Why's*), o 5W2H (*who, what, when, where, why, how, how much*) e o diagrama de Ishikawa (espinha de peixe), para a determinação das causas dos erros/defeitos existentes (Tague, 2005).

Na fase *improve* são propostas e testadas possíveis soluções, selecionando as mais vantajosas para o processo. Com base na informação recolhida são realizadas as alterações necessárias ao processo, numa tentativa de eliminar defeitos existentes. (Smetkowska e Mrugalska, 2017).

Por fim, na fase *control* utilizam-se cartas de controlo de forma a avaliar as modificações feitas e os resultados obtidos, realizando-se ajustes regulares para controlar novos processos e a performance no futuro. (Smetkowska e Mrugalska, 2017).

3.3. Ferramentas utilizadas na abordagem DMAIC

Neste subcapítulo são apresentadas as ferramentas necessárias à aplicação prática da metodologia DMAIC.

A primeira ferramenta a ser descrita é a análise das partes interessadas ou *stakeholders*. Estas são as pessoas necessárias ou dependentes para a execução e/ou êxito do projeto (Castro, 2012).

Para este efeito, é criado um gráfico que avalia a influência (eixo vertical) e o interesse (eixo horizontal). Os *stakeholders* são colocados no gráfico em quatro partes, de acordo com as ações a serem tomadas perante os mesmos. Desta forma, temos *stakeholders* em que é importante criar uma boa relação de parceria porque apresentam elevada influência e interesse (*monitor closely*). Os *stakeholders* com elevada influência e baixo interesse requerem esforço para aumentar o seu interesse e evitar complicações (*keep satisfied*). As pessoas que apresentam reduzida influência e elevado interesse podem auxiliar nos detalhes do projeto como forma de eliminar alguns problemas, sendo importante manter uma comunicação ativa e contínua (*keep informed*). Por fim, os *stakeholders* com reduzida influência e interesse, pode ser monitorizado o seu interesse (*monitor casually*) (Tague, 2005).

Com base na análise realizada anteriormente, pode ser realizado um plano de comunicação onde constam as partes interessadas (*stakeholders*), definindo de igual forma as datas, a duração e o local de cada reunião, o tipo de suporte utilizado, papel, e-mail ou apresentação PowerPoint, por exemplo (Castro, 2012).

De forma a facilitar a organização de um projeto, e para que cada elemento perceba a sua função, pode ser construída uma matriz RACI. Nesta são indicados os passos a seguir, as tarefas e os elementos do projeto. Para cada elemento são assinaladas as letras características da sua função. Os elementos executantes (R) são os que realizam as tarefas. O elemento responsável (A) é quem gere os “recursos necessários” para a realização das tarefas. Os elementos consultados (C) são os que fornecem informações e esclarecem dúvidas existentes. E por último os elementos informados (I) são os que conhecem a realidade do projeto, mas não participam nas tarefas (Castro, 2012).

O gráfico de Pareto permite perceber os problemas e a frequência de ocorrência dos mesmos num processo. Este gráfico de barras facilita a exposição e visualização de dados, nomeadamente a origem das problemáticas (Tague, 2005).

O gráfico é composto por dois eixos, no eixo horizontal são colocadas as ocorrências, enquanto no eixo vertical esquerdo poderá avaliar-se a frequência, quantidade, custo ou o tempo (Tague, 2005).

De seguida procede-se ao cálculo das percentagens para cada ocorrência e constroem-se as barras, sendo estas apresentadas por ordem decrescente da esquerda para a direita. Seguidamente, calculam-se as percentagens acumuladas (eixo vertical direito), executando a soma do valor total da primeira e da segunda barra. A essa soma é adicionado o valor total da terceira barra, repetindo o processo para todas as barras. A linha das percentagens acumuladas resulta da colocação de pontos, que representam cada soma, no topo das barras. O último ponto atingirá os 100% (Tague, 2005).

Na fase *analyse*, podem ser utilizadas várias ferramentas.

A ferramenta 5W ou 5 porquês tem por base a colocação de cinco questões. Este é meramente um “valor-guia”. Apenas é necessário que se coloque um número suficiente de porquês, de forma a se chegar a uma conclusão que permita aplicar as devidas “ações corretivas” para essa problemática, e que não permita o seu reaparecimento. O objetivo da repetição desta pergunta é perceber as causas raiz de um problema existente num determinado processo ou serviço (Castro, 2016).

A ferramenta 5W2H serve para examinar todas as características de um processo. Pode ser utilizada na fase de melhoria da análise de um processo e na identificação ou caracterização de um problema. A sigla representa as questões que devem ser colocadas: quem, o quê, quando, onde, porquê, como e quanto.

Todos os elementos da equipa devem estar familiarizados com este instrumento. As questões devem ser desenvolvidas e respondidas considerando o processo em estudo. Se esta ferramenta for utilizada na fase de melhoria de um projeto, os resultados devem conduzir a novas questões e modificações no processo (Tague, 2005).

Outra ferramenta utilizada é o diagrama de Ishikawa ou de espinha de peixe (inventada por um estatístico chamado Kaoru Ishikawa em 1950), que permite identificar as causas raiz de problemas existentes num processo e agrupá-las em categorias. Esta resulta da realização de uma sessão *brainstorming* (Ferreira, 2019).

O *brainstorming* é um método utilizado para obter uma vasta gama de ideias criativas e originais em pouco tempo, onde são expostas as ideias de toda a equipa (Tague, 2005).

O diagrama de Ishikawa é composto pela “cabeça do peixe”, onde se coloca o problema, nas “espinhas” são apresentadas as causas (métodos, materiais, mão de obra, máquinas, medidas e meio). De seguida, deve ser questionada cada causa e, por conseguinte, investigadas subcausas, que também devem ser contestadas. Quando toda a informação estiver reunida, será possível obter planos de melhoria para o processo (Tague, 2005).

No seu todo as ferramentas mencionadas facilitam a obtenção de um entendimento pormenorizado das causas e a relação entre elas (Tague, 2005).

É apontada uma desvantagem/limitação à utilização destas ferramentas devido a estas serem obtidas de forma “criativa” e não exata, dando origem a resultados imprevisíveis (Castro, 2016).

As cartas de controlo servem para medir as alterações que ocorrem num processo ao longo do tempo. São compostas por três linhas: linha superior (limite superior de controlo), linha central (média) e linha inferior (limite inferior de controlo), determinadas por dados recolhidos em estudos anteriores (Tague, 2005).

Ao comparar os dados atuais com os estudados anteriormente, é possível perceber se os dados estão dentro do controlo (variação do processo é consistente), ou fora do controlo (imprevisível). Ao analisar a existência de pontos “fora do controlo”, deve-se tentar perceber a causa destas variações (Tague, 2005).

Esta ferramenta pode ser utilizada quando há necessidade de controlar processos, produtos ou serviços, de forma a encontrar ou corrigir problemas. No que diz respeito a um projeto de melhoria, esta deve ser utilizada para determinar se existem falhas, propor alterações e prevenir o surgimento de novos problemas (Tague, 2005).

A carta de controlo representa-se sob diferentes formas consoante os métodos em estudo (Tague, 2005).

4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC

Neste capítulo irei proceder à aplicação prática da metodologia DMAIC realizada no âmbito de um projeto em desenvolvimento na entidade Ansell Portugal.

4.1. Define

4.1.1. Descrição do problema

As paragens constantes das máquinas de tricotar por motivos incertos, trazem a necessidade de um estudo mais aprofundado de forma a se perceber as causas e a duração das mesmas. Constatou-se também que havia tempos de ciclo diferentes numa grande parte das máquinas. Estas situações criam custos adicionais e uma diminuição na produção, o que não é favorável para a entidade.

4.1.2. Objetivo do projeto

Este projeto tem como objetivo a elaboração de uma análise da área de tricotagem da fábrica, de forma a aumentar a produção e a produtividade das máquinas de tricotar através:

- da verificação do seu desempenho;
- do apuramento do tempo de paragens (*downtime*);
- da verificação do tempo de ciclo e uniformização do mesmo;
- da criação de um registo de manutenção;
- da implementação de soluções de melhoria e controlo das mesmas;

4.1.3. Artigos em estudo

Neste projeto os artigos de luva em estudo produzidos pela entidade são o K11435, K11738, K11927, K11931, KP5000 e KP3000. A dificuldade de produção dos artigos está relacionada com a composição dos materiais dos fios. Assim, ao analisar a tabela 1, podemos concluir que os artigos K11435 e K11738 são os que apresentam a maior dificuldade de produção, contrariamente ao artigo KP3000.

Tabela 1 - Artigos de luva em estudo.

Artigos	Fios Principais	Dificuldade
K11435	Dyneema ® / Vidro	+++
K11738	Polietileno de alta performance / Vidro	+++
K11927	Polietileno de alta performance / Poliamida	++
K11931	Dyneema ®	++
KP5000	Polietileno de alta performance	++
KP3000	Poliamida / Vidro	+

4.1.4. Equipa do projeto

De acordo com a metodologia em estudo, a equipa seis sigma foi criada de forma a obter um projeto de sucesso. Para isso foram escolhidos os elementos adequados para as diversas posições. Os elementos da equipa e as respetivas iniciais estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Equipa seis sigma

Sponsor – Sp (Patrocinador)	H. F.
Diretor de Operações - OM	P. R.
Master Black Belt	S. R.
Team Leader	M. P.
Consultores - Co	S. R.; J. B.; V. M.
Diretor Financeiro	V. O.
Process Owner - PO (Dono do processo)	J. F.
Qualidade – Q	C. L.
IT (Informática)	L. D. S.
Team Members (Membros da equipa)	M. P. e Ana Margarida Alves

4.1.5. Planeamento

De acordo com o apresentado na revisão da Literatura, é fundamental explicitar o que foi realizado na fase inicial do projeto.

Nesta fase do projeto foi construído um mapa do processo (figura 9). Foi também realizada uma análise das partes interessadas ou *stakeholders* e criado um gráfico onde se posicionam de acordo com a influência e interesse no projeto (figura 10). Através da análise anterior foi construída uma matriz RACI (tabela 3) e um plano de comunicação (tabela 4) de forma a simplificar o planeamento do projeto seis sigma.

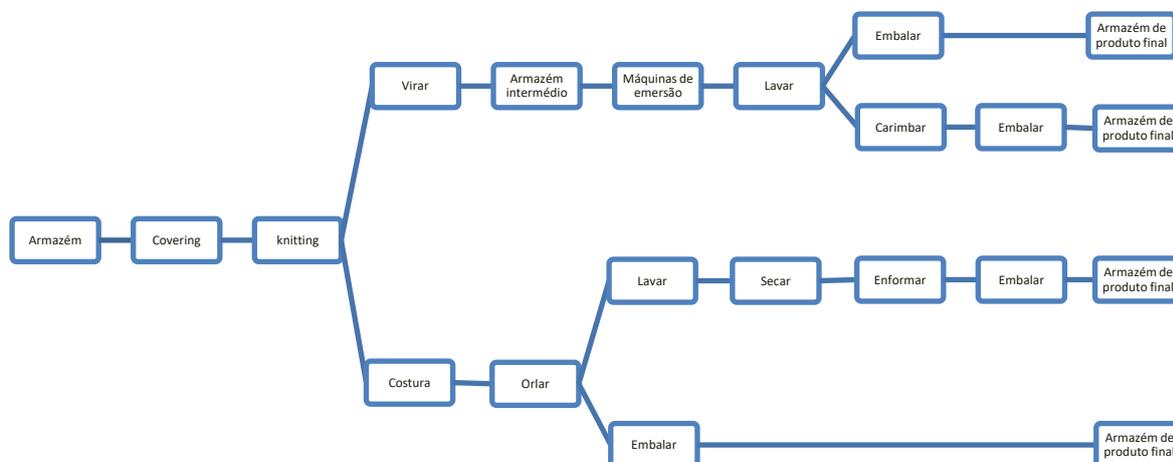


Figura 9 - Mapa do processo.

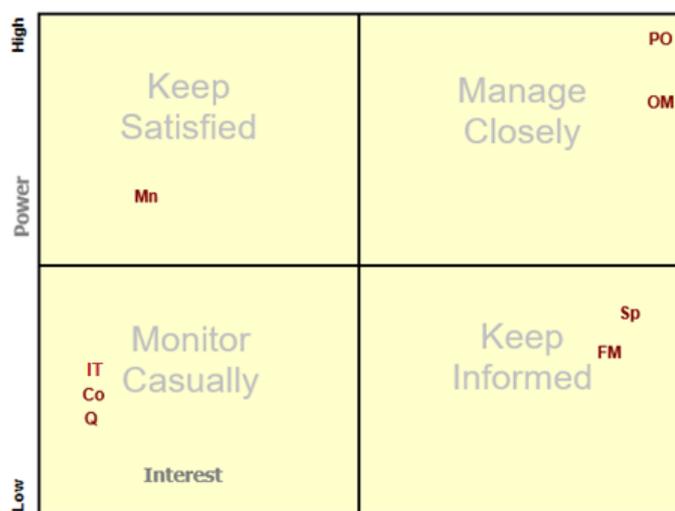


Figura 10 - Análise das partes interessadas.

Tabela 3 - Matriz RACI.

Passo	Ação /Tarefa	Membros da Equipa								
		Diretor Financeiro	Diretor de Operações	Patrocinador	Consultores	Dono do Processo	Team Leader	Qualidade	Master Black Belt	IT
1	Aprovação de financiamento	A	R					I	I	
2	Implementação do projeto				A	R	R		C	
3	Monitorizar o projeto	R	R	A	R				R	C
4	Garantir os recursos para o projeto		R	A		R	A			
5	Aplicar as ferramentas 6 Sigma		R		A		R		A	
6	Contribuir com conhecimentos sobre o processo						R			

Tabela 4 - Plano de comunicação.

Parte Interessada	Forma de comunicação	Frequência
Patrocinador	Reunião	Fases do Projeto (DMAIC)
	e-mail	Mensal
Diretor de Operações	Reunião	Fases do Projeto (DMAIC)
	Reunião	Bissemanal
	e-mail	Bissemanal
Dono do Processo	Reunião	Fases do Projeto (DMAIC)
	Reunião	Semanal
	Reunião (briefing)	Diária
Consultores	Reunião	Fases do Projeto (DMAIC)
	Reunião	Quando necessário
Diretor Financeiro	Reunião	Fases do Projeto (DMAIC)
	Reunião	Quando necessário
Qualidade	Reunião	Fases do Projeto (DMAIC)
	Reunião	Quando necessário
Manutenção	Reunião	Quando necessário
	Reunião	Semanal
Informática	Reunião	Fases do Projeto (DMAIC)
	Reunião	Quando necessário

4.2. Measure e Analyse

Uma das grandes problemáticas na área de tricotagem da fábrica era a constante paragem das máquinas. Deste modo, era necessário realizar um estudo de forma a se perceber as causas e a duração das paragens na produção de luvas.

Em pequenos ensaios realizados antes da minha chegada à entidade, foram recolhidos os tempos de ciclo e os dados da produção de diversas máquinas. Isto permitiu numa fase inicial do projeto constatar que as principais razões de paragens nas máquinas eram por quebra de fio ou por luva presa e que existiam diferentes tempos de ciclo mesmo em modelos de máquinas iguais (Pereira, 2020).

Assim foi necessária uma nova recolha dos tempos de ciclo e dos problemas na produção em todas as máquinas de produção de luvas, considerando os diversos tipos de artigos e tamanhos.

4.2.1. Relação entre as ocorrências e as máquinas

Nesta fase do projeto foram recolhidos os dados relativos aos problemas que ocorriam nas máquinas. Para esse efeito, foi criado um formulário (Tabela 11 do anexo B) com o intuito de facilitar o levantamento dos dados.

Nesse formulário pode observar-se a data, o número da máquina, o intervalo de tempo e a causa da paragem. As ocorrências observadas eram a quebra do fio (1, 2, 3, 4 e 5°), a queda do fio (fio elástico e fio 1, 2, 3, 4, 5), o término do rolo do fio (1, 2, 3, 4 e 5), o sensor puxado do lado esquerdo ou direito, a luva presa, a manutenção preventiva ou corretiva, máquina encravada, problema mecânico e outros.

Com a recolha das ocorrências possibilitou-se a criação de gráficos e diagramas com base em gráficos de Pareto.

A ordem de estudo/análise realizou-se de acordo com a relevância de cada artigo para a entidade.

Assim a representação gráfica apresentada posteriormente para cada artigo, analisa:

- O número de ocorrências fio a fio por dia e por tipo de problema.;
- O número de ocorrências por dia e por tipo de problema;
- A frequência de paragens fio a fio (min/dia);
- A frequência de paragens (min/dia);
- O diagrama de Pareto das paragens fio a fio por máquina;
- O diagrama de Pareto das paragens por máquina (min/dia);
- O diagrama de Pareto das paragens por máquina.

O artigo K11738 apresenta elevada importância produtiva para a entidade e elevada dificuldade de produção, sendo o primeiro a ser analisado.

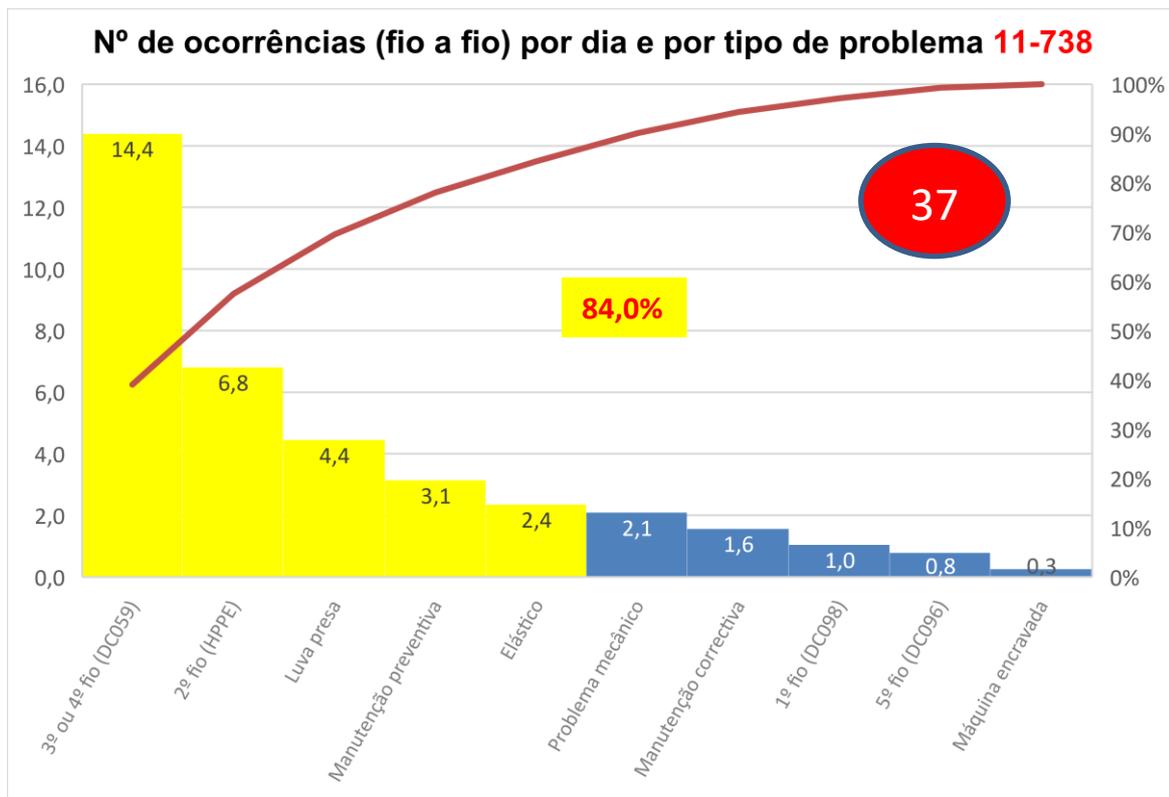


Figura 11 - Nº ocorrências fio a fio por dia e tipo de problema no artigo K11738.

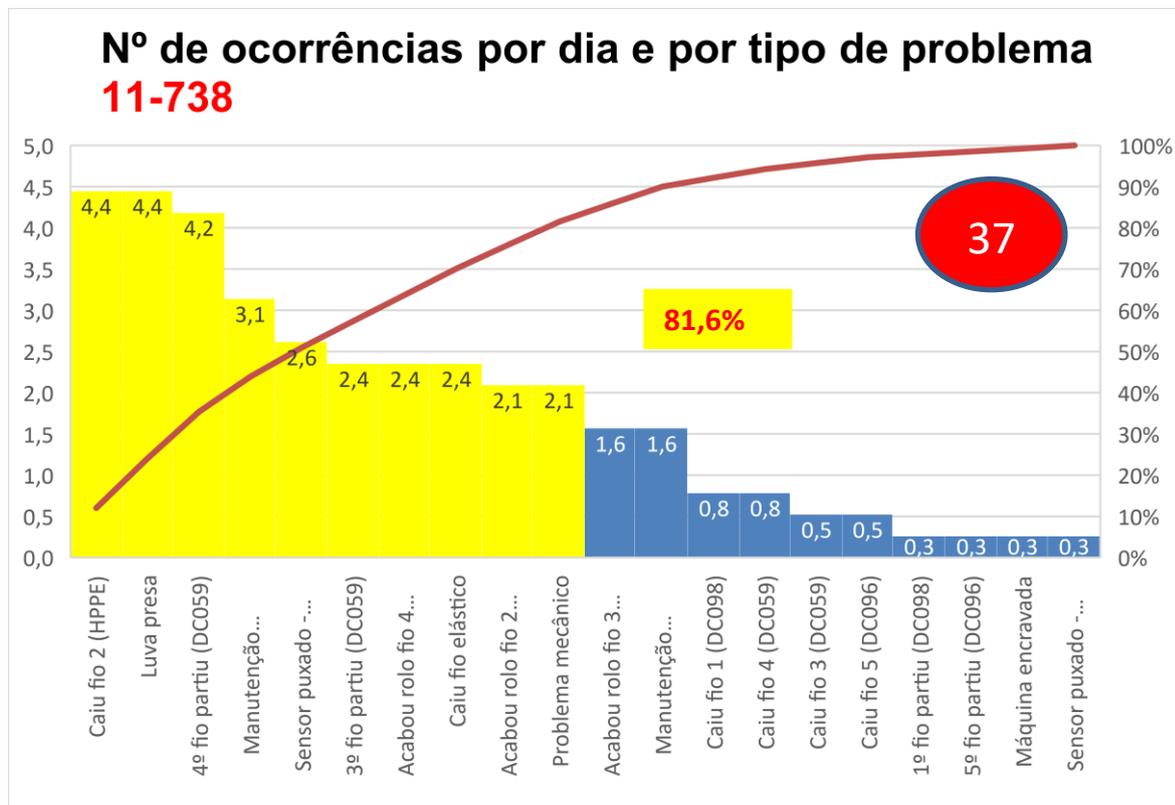


Figura 12 - Nº ocorrências por dia e tipo de problema no artigo K11738.

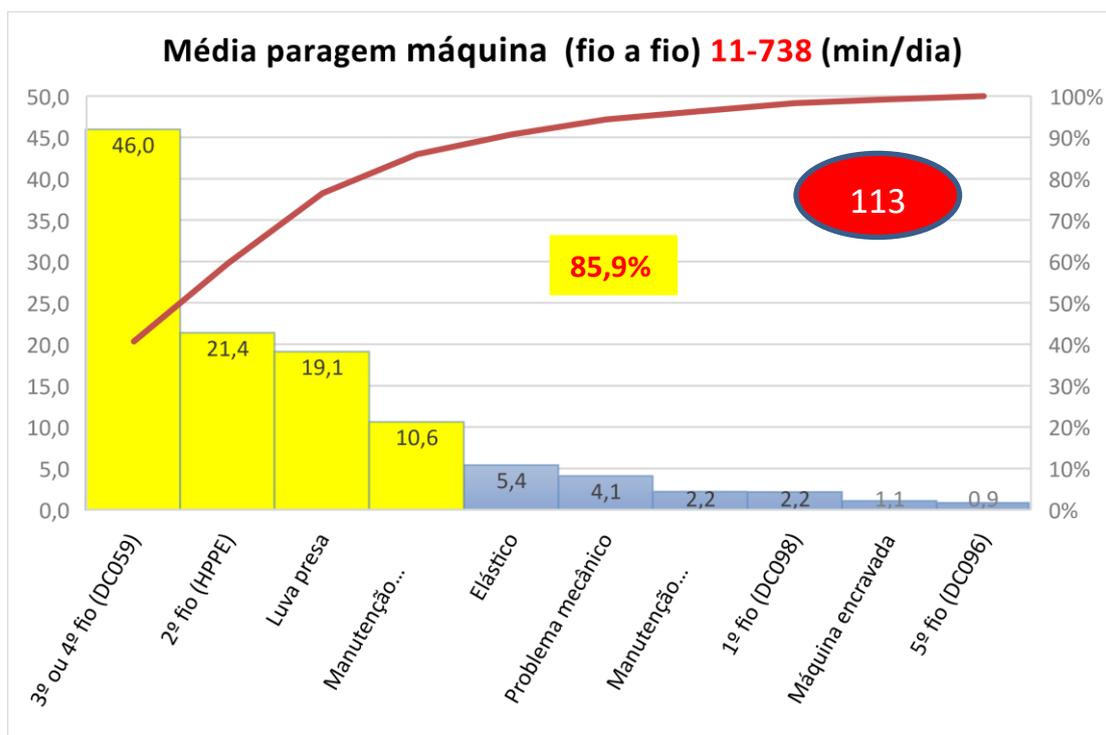


Figura 13 - Frequência de paragens fio a fio no artigo K11738 (min/dia).

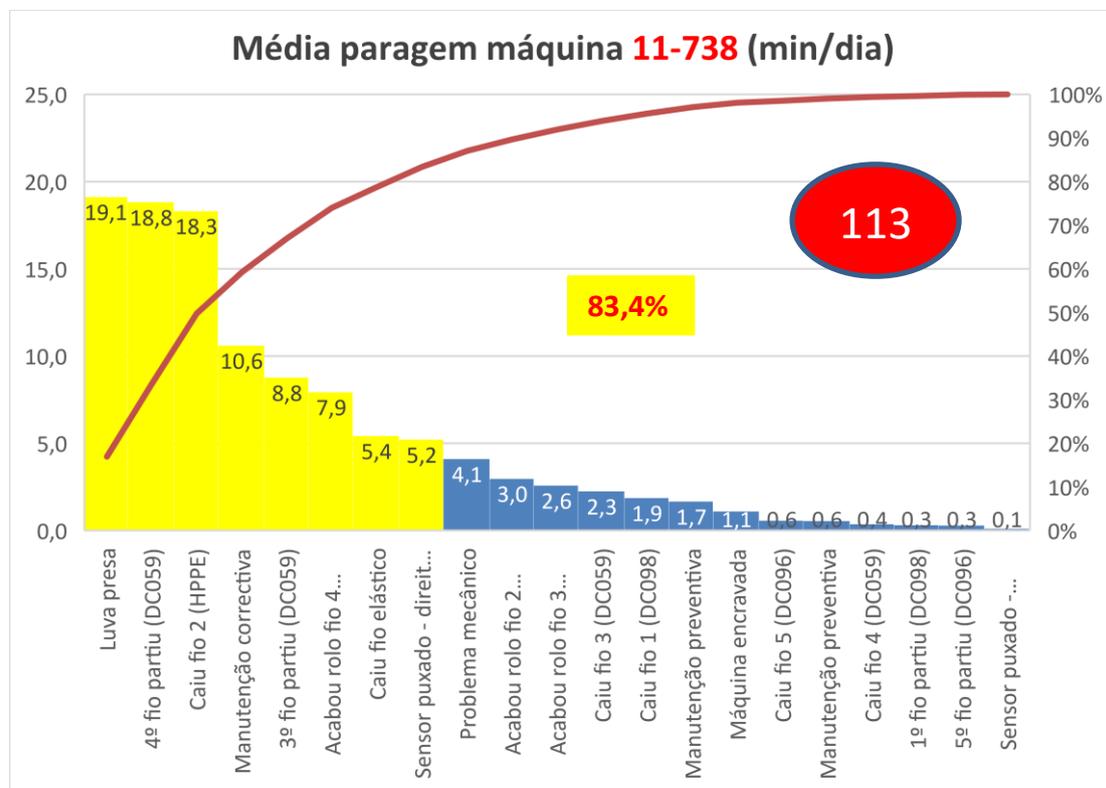


Figura 14 - Frequência de paragens no artigo K11738 (min/dia).

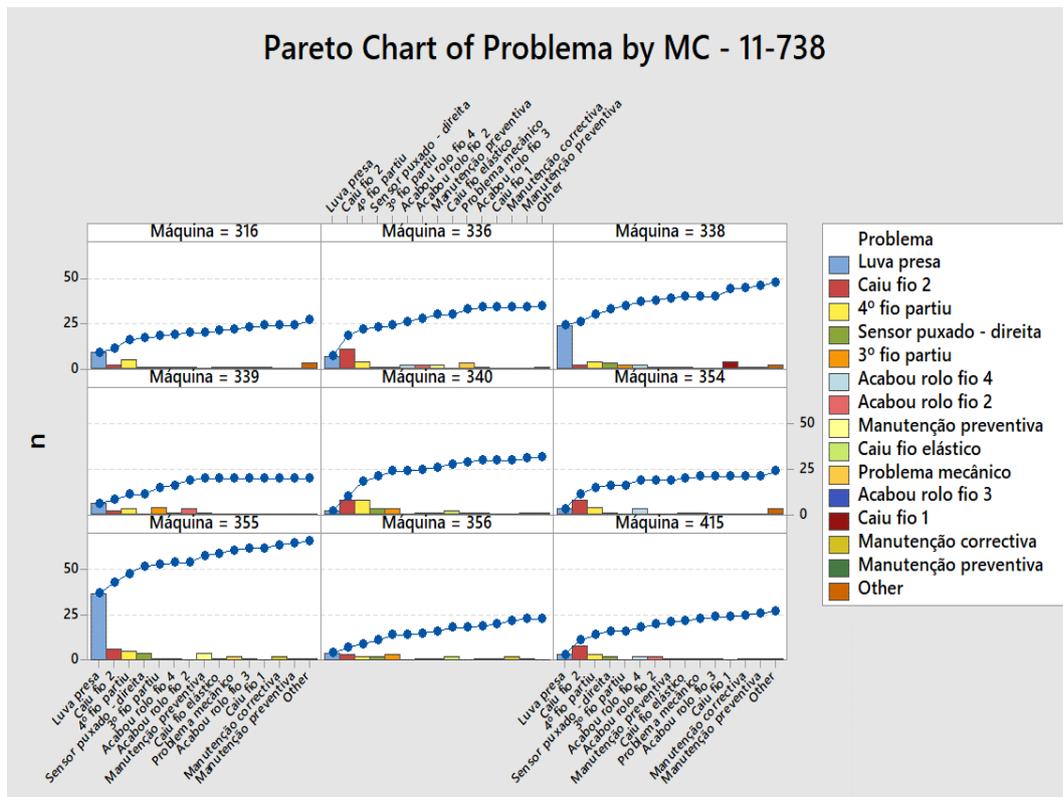


Figura 15 - Nº ocorrências por máquina no artigo K11738.

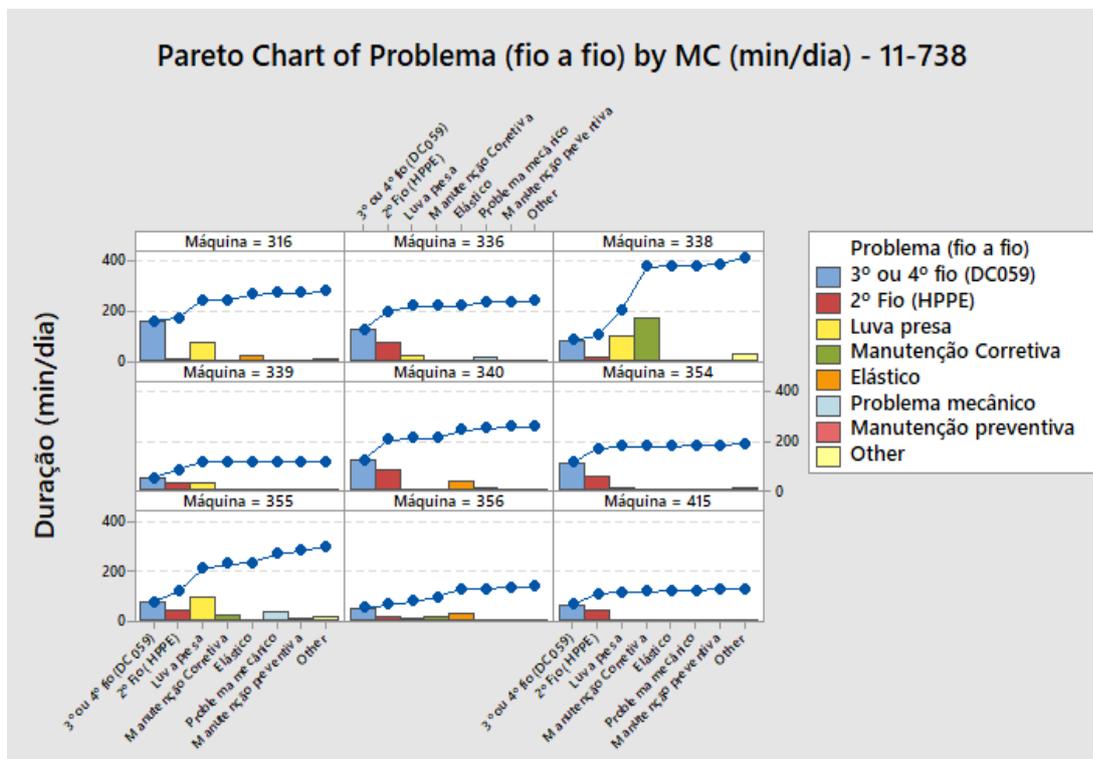


Figura 16 - Duração das paragens por máquina fio a fio no artigo K11738.

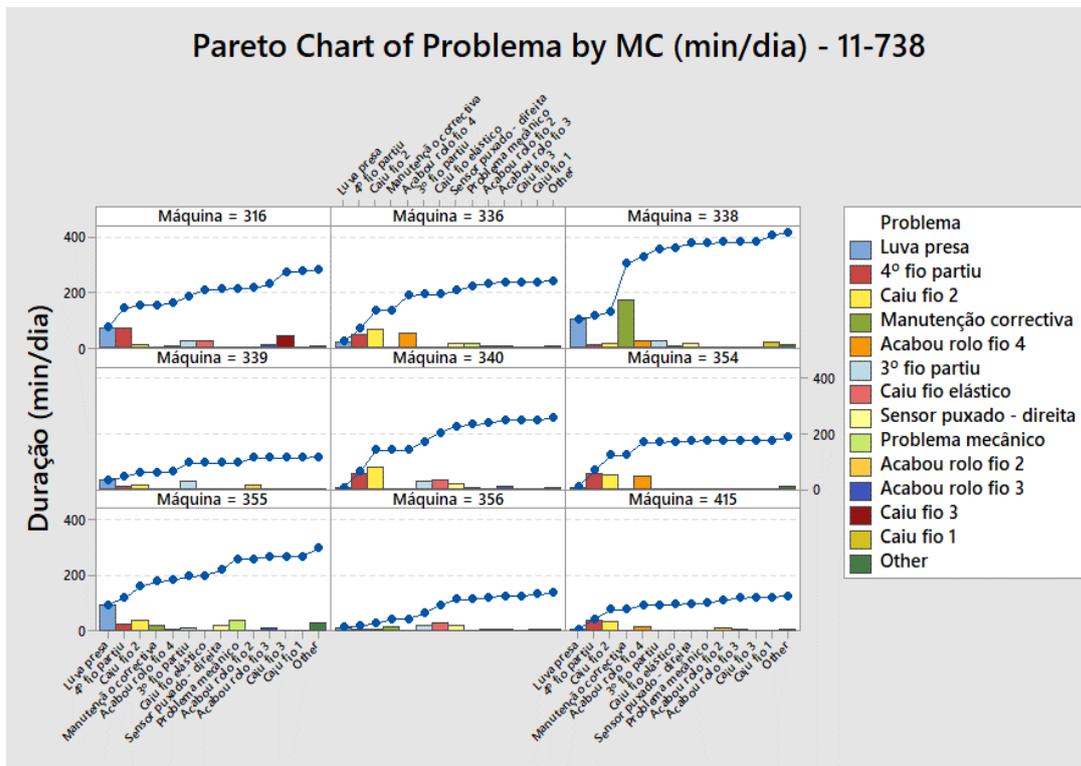


Figura 17 - Duração das paragens por máquina no artigo K11738.

Após a análise dos gráficos apresentados anteriormente conclui-se que o maior número de paragens e a duração das mesmas fio a fio ocorre maioritariamente no fio 3 e 4 – DC059 (figura 11 e 13). Enquanto a luva presa e a queda do fio 2 - HPPE são os principais motivos de paragem das máquinas (figura 12). A máquina onde ocorre um maior número de paragens é a 355 (figura 15), no entanto a maior duração das paragens ocorre na máquina 338 (figura 16), devido a intervenções por parte de técnicos de manutenção corretiva, sendo a sua resolução mais demorada. Assim, percebe-se que o maior problema neste artigo ocorre a nível de fios.

O artigo de luva K11435 tal como o anterior apresenta uma dificuldade acrescida na sua produção e por essa razão foi estudado em segundo lugar.

Nas tabelas seguintes estão representados os gráficos e os diagramas de Pareto analisados para o presente artigo.

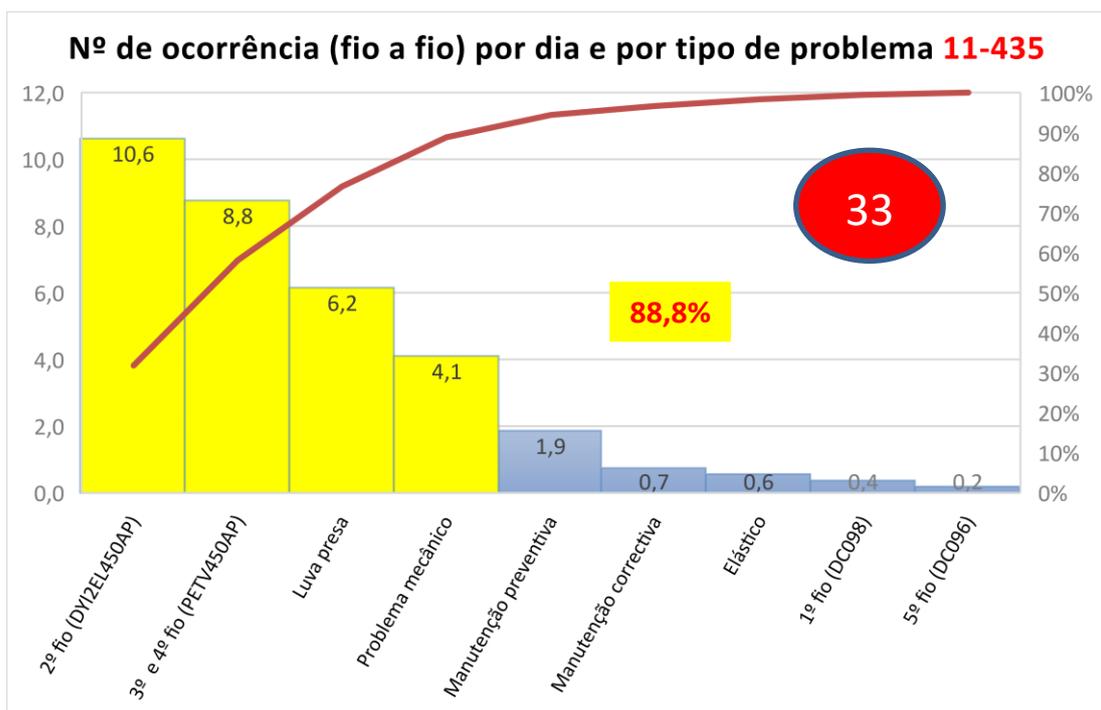


Figura 18 - Nº ocorrências fio a fio por dia e tipo de problema no artigo K11435.

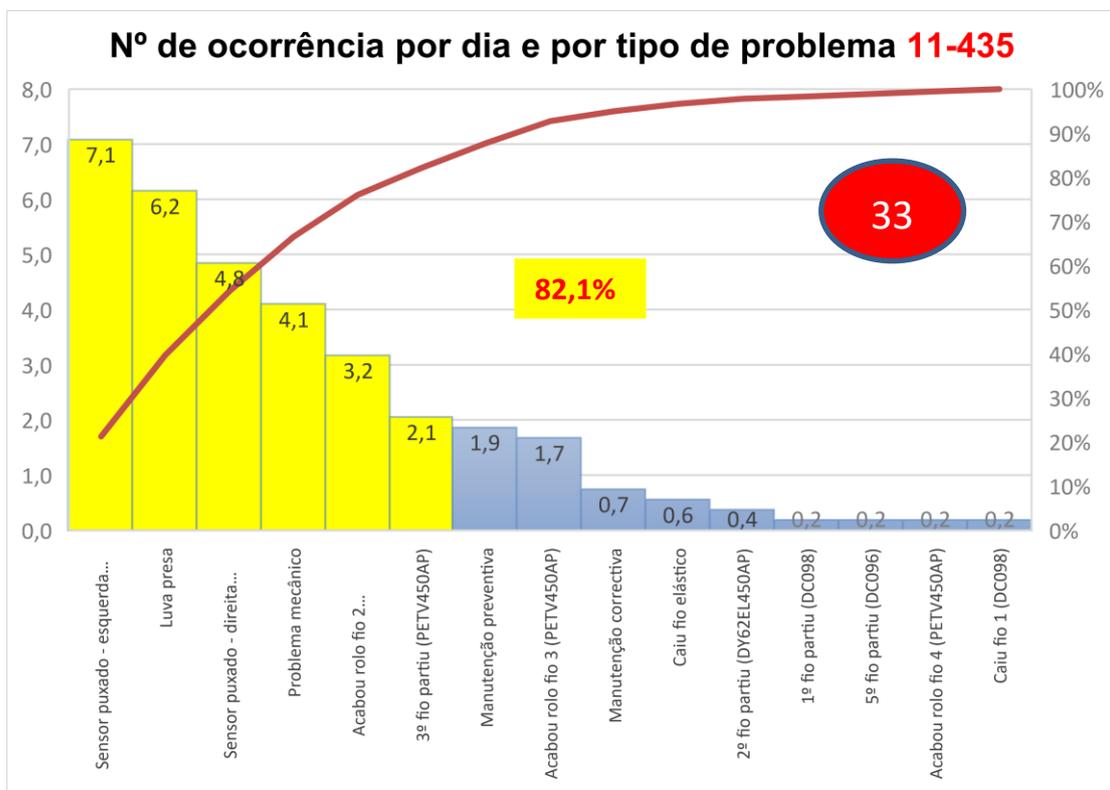


Figura 19 - Nº ocorrências por dia e tipo de problema no artigo K11435.

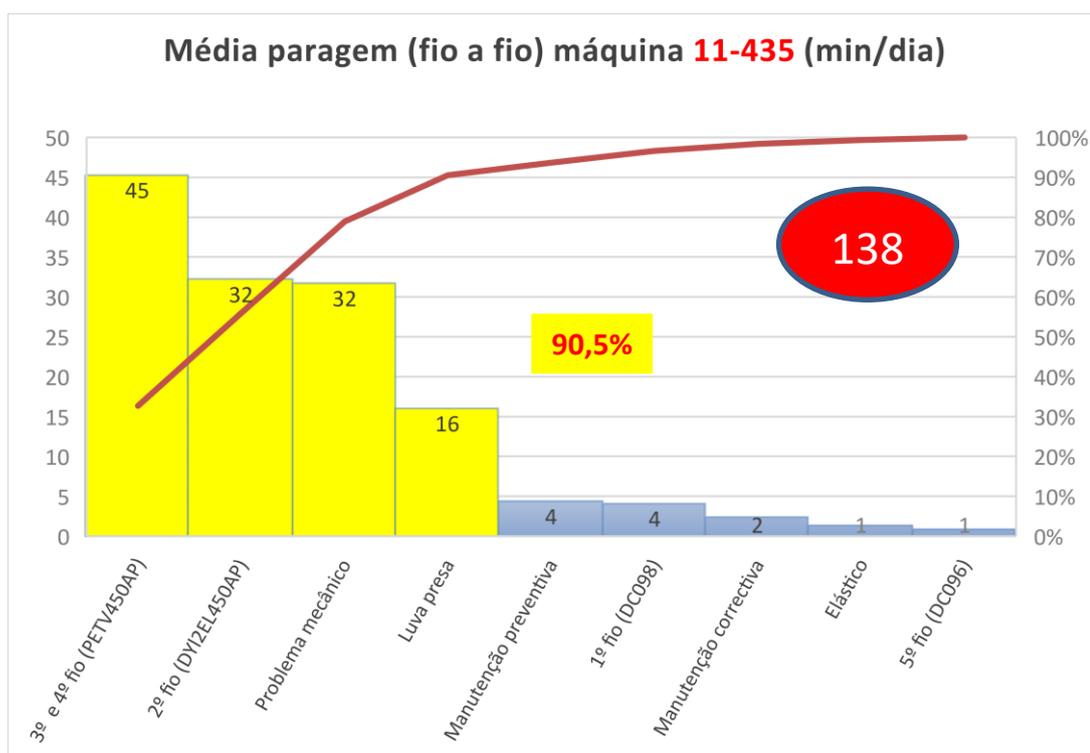


Figura 20 - Frequência de paragens fio a fio no artigo K11435.

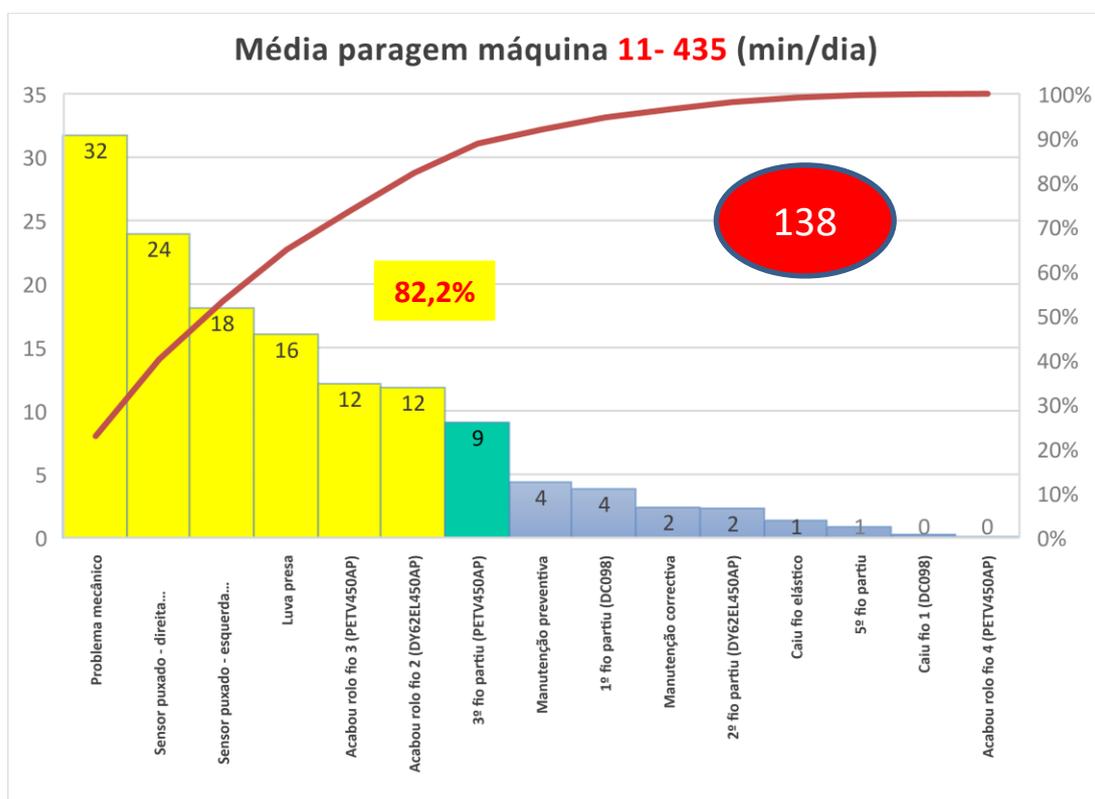


Figura 21 - Frequência de paragens no artigo K11435.

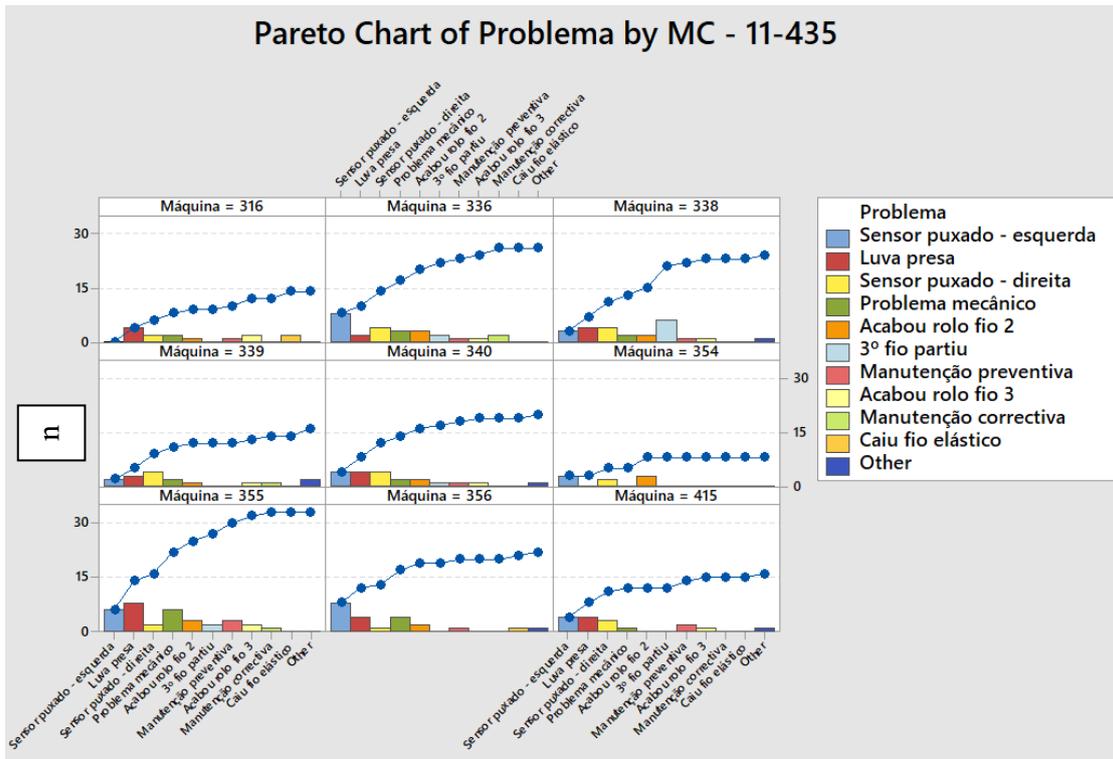


Figura 22 - Nº ocorrências por máquina no artigo K11435.

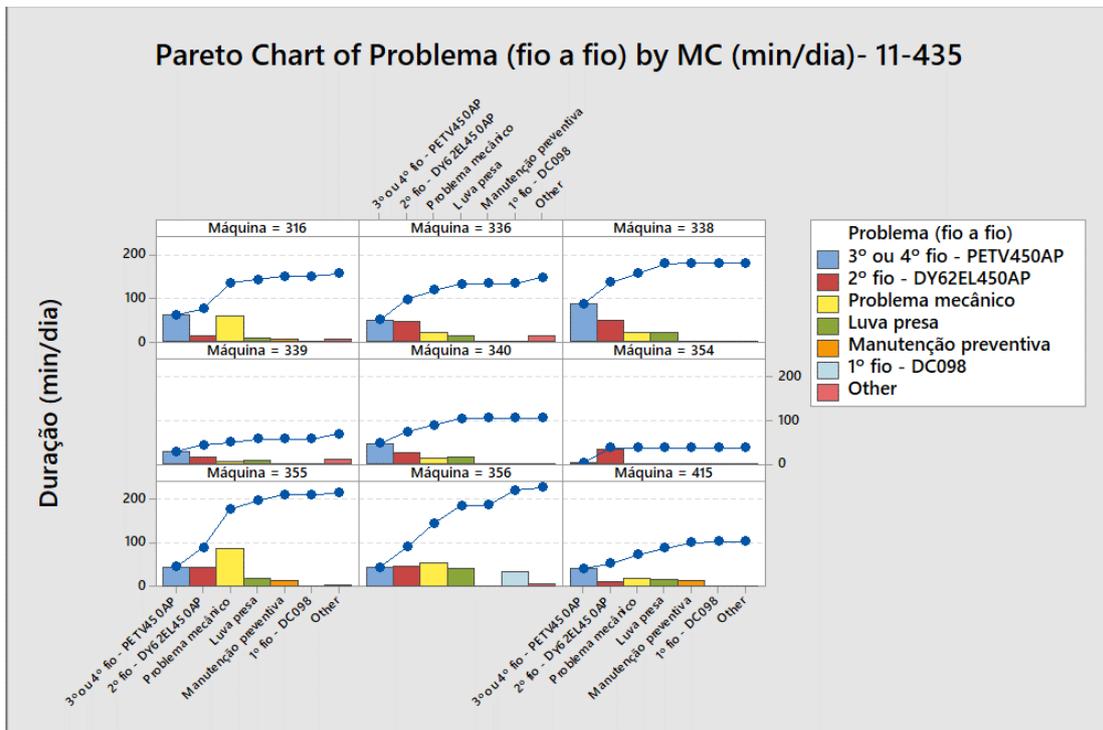


Figura 23 - Duração das paragens fio a fio por máquina no artigo K11435.

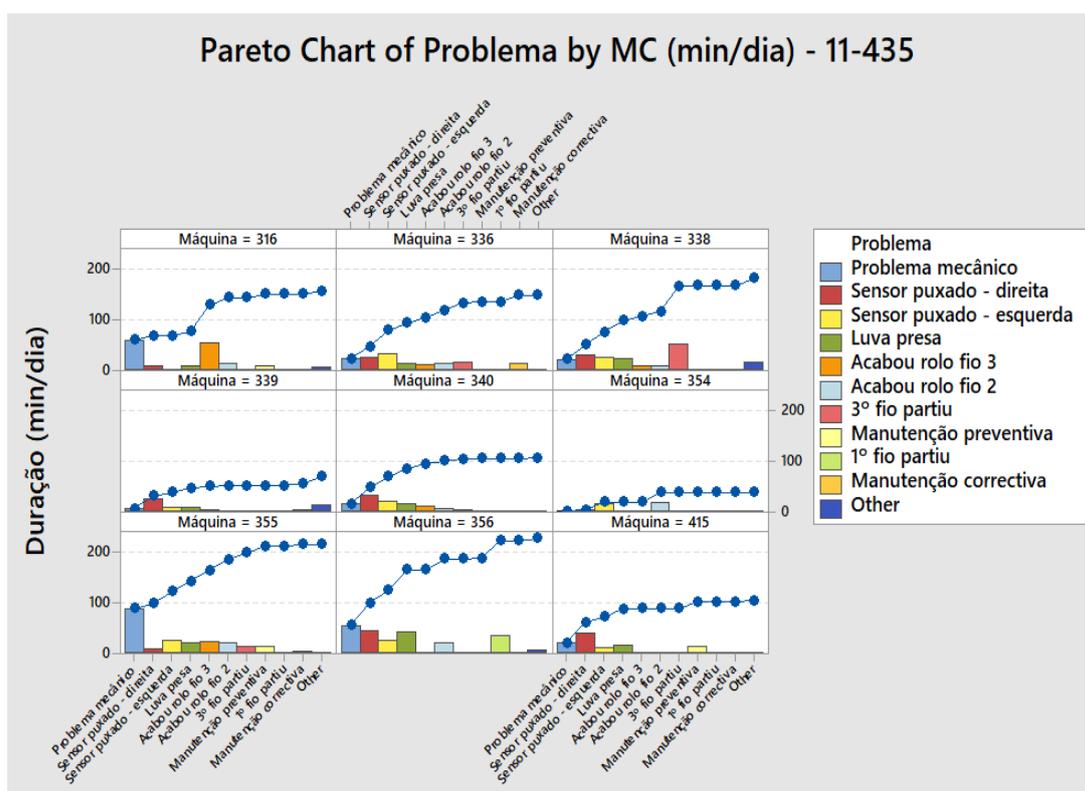


Figura 24 - Duração das paragens por máquina no artigo K11435.

A interpretação dos dados apresentados sugere que o maior número de paragens fio a fio ocorre no fio 2 – DYI2EL450AP (figura 18) e a maior duração fio a fio ocorre no fio 3 e 4 – PETV450AP (figura 20).

O maior número de paragens ocorre por sensor puxado no lado esquerdo e a duração das mesmas ocorre por problema mecânico (figura 19 e 21). As máquinas onde ocorre o maior número de paragens são a 336 e a 356 (figura 22). No entanto a maior duração das paragens ocorre na máquina 355 (figura 24), devido a problemas mecânicos.

Aqui, tal como se verificou no artigo K11738, as principais causas de paragens são devidas a problemas relacionados com os fios. Com um número de ocorrências por dia igual a 33 e uma média de paragens por dia igual a 138.

O artigo K11927 foi outro artigo analisado, em que se apresentam abaixo os gráficos e diagramas de Pareto nas figuras 25 a 31.

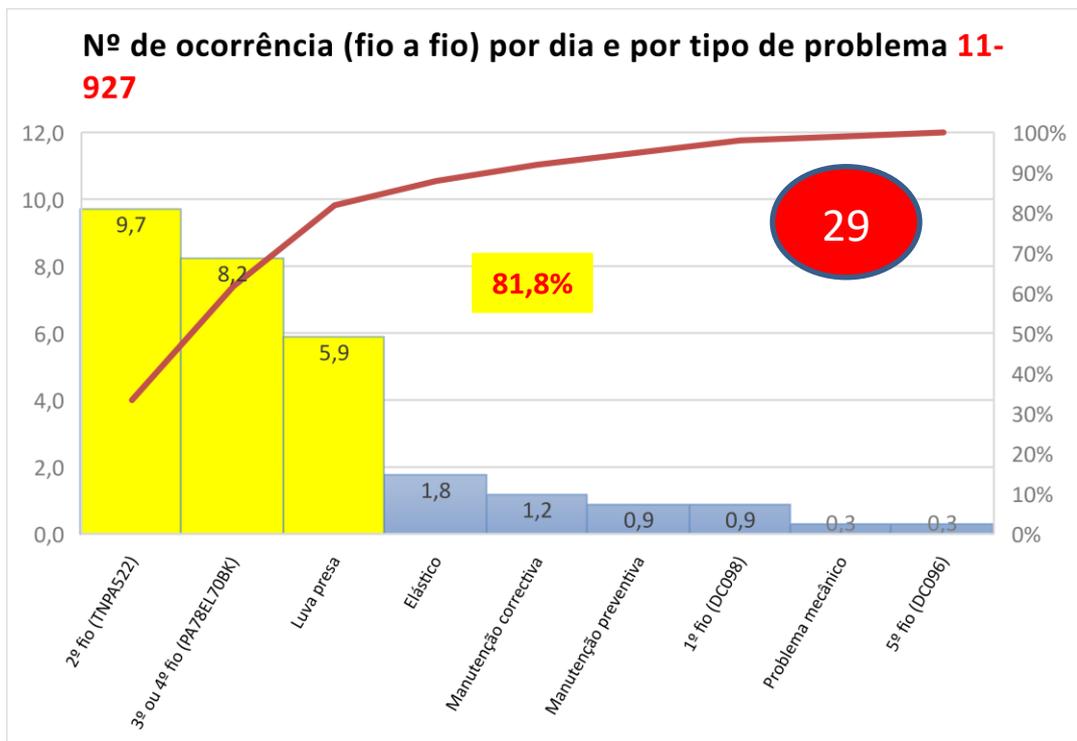


Figura 25 - Nº ocorrências fio a fio por dia e tipo de problema do artigo K11927.

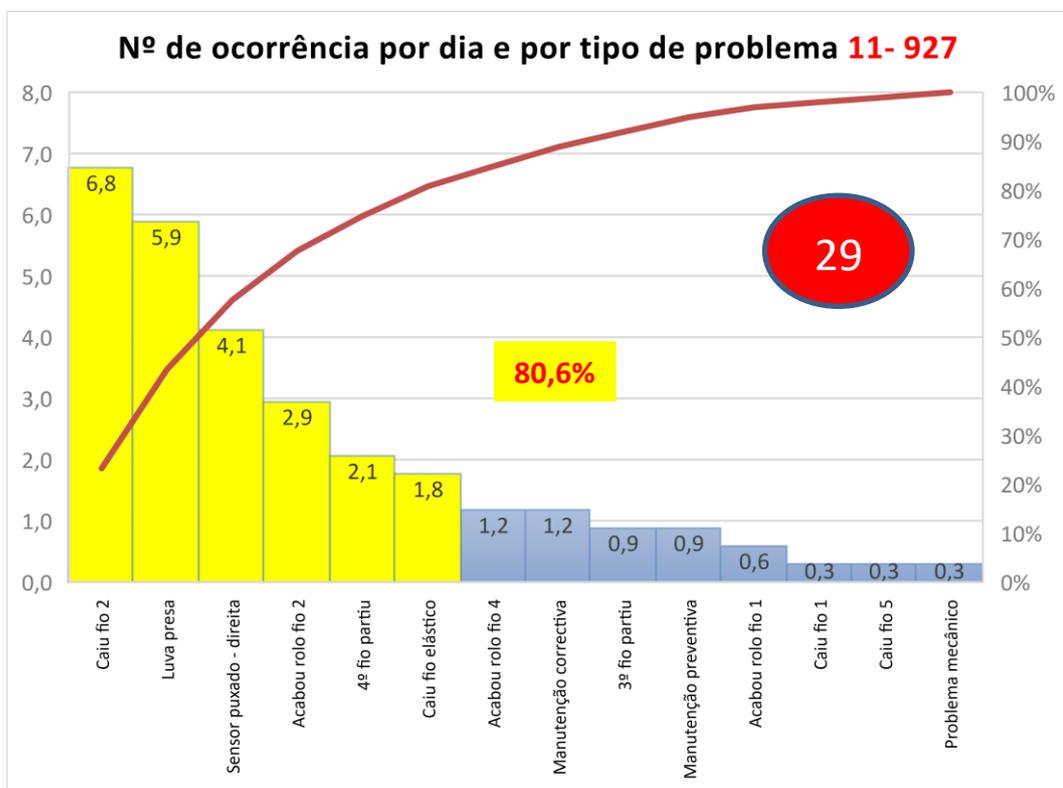


Figura 26 - Nº ocorrências por dia e tipo de problema no artigo K11927.

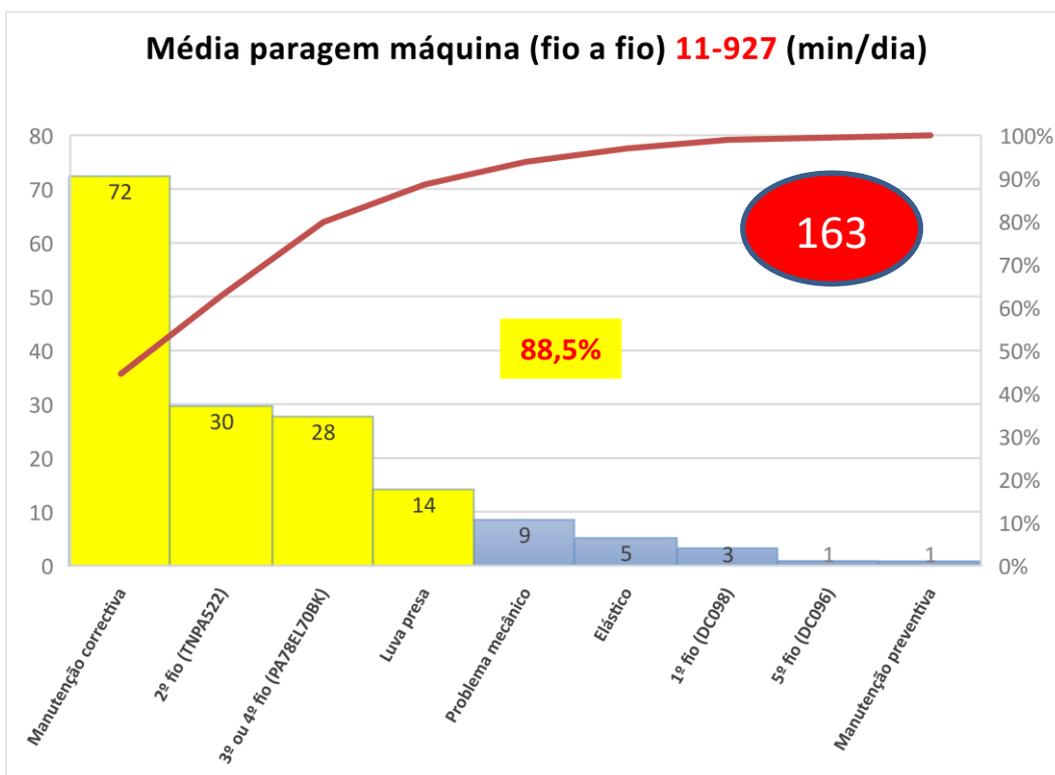


Figura 27 - Frequência de paragens fio a fio no artigo K11927.

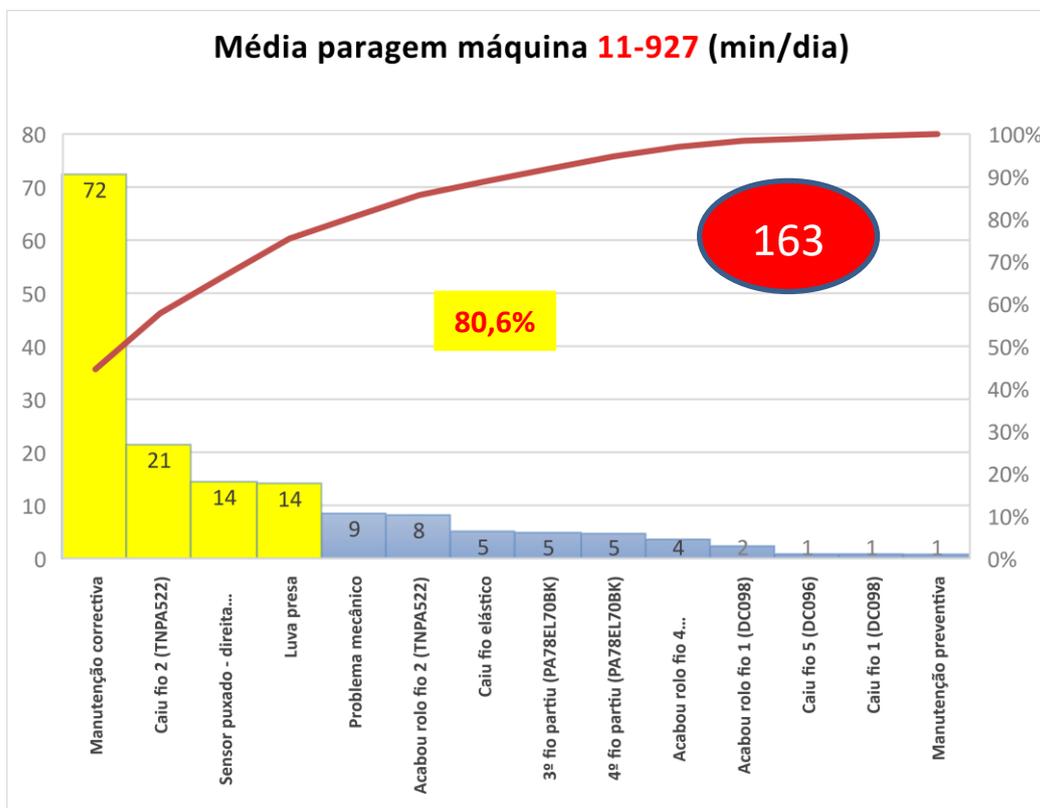


Figura 28 - Frequência de paragens no artigo K11927.

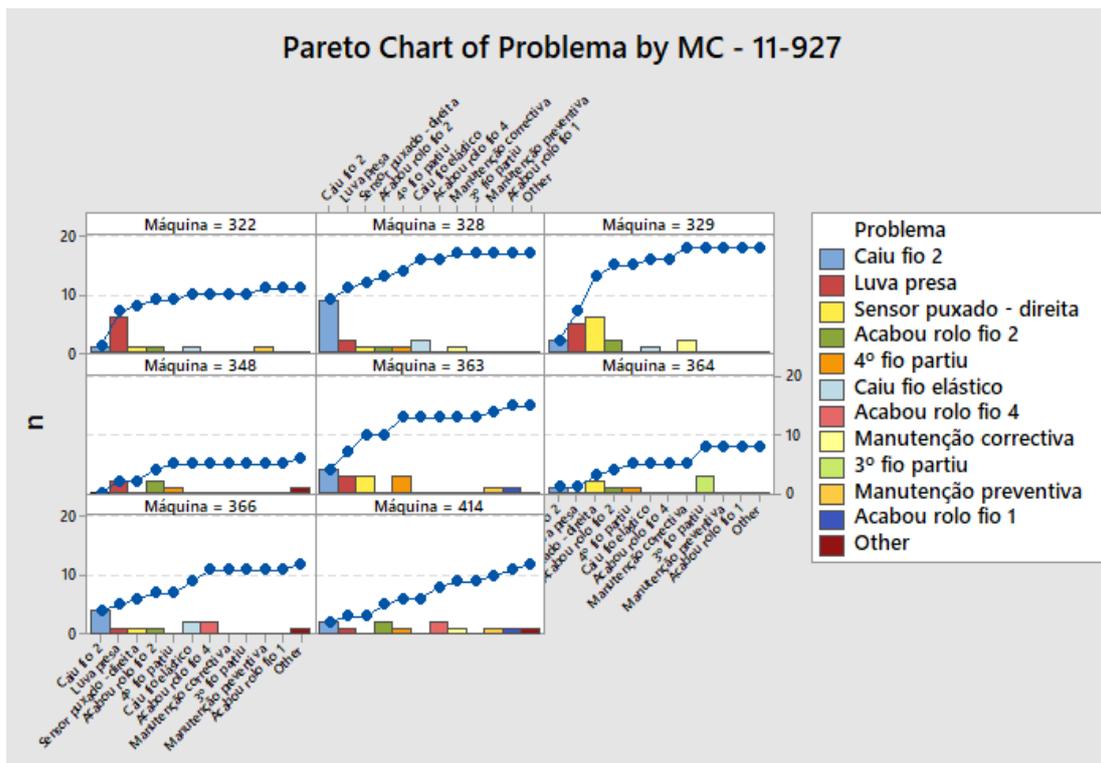


Figura 29 - Nº de ocorrências por máquina no artigo K11927.

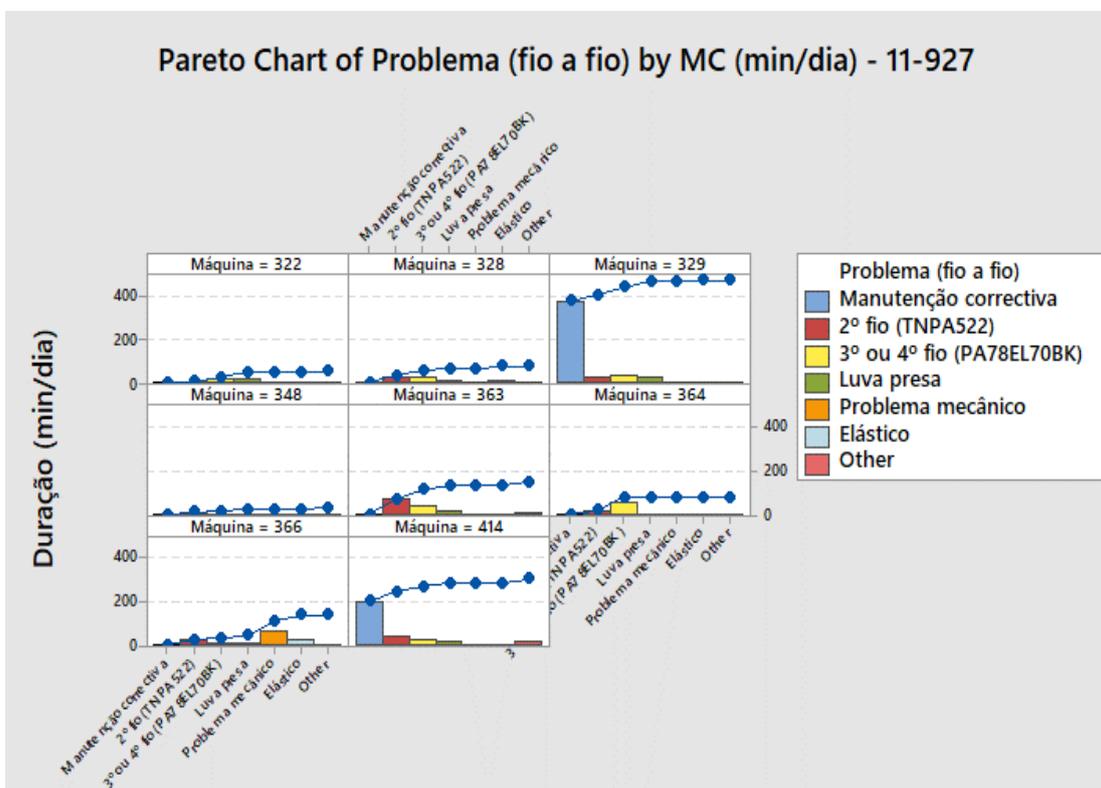


Figura 30 - Duração das paragens fio a fio por máquina no artigo K11927.

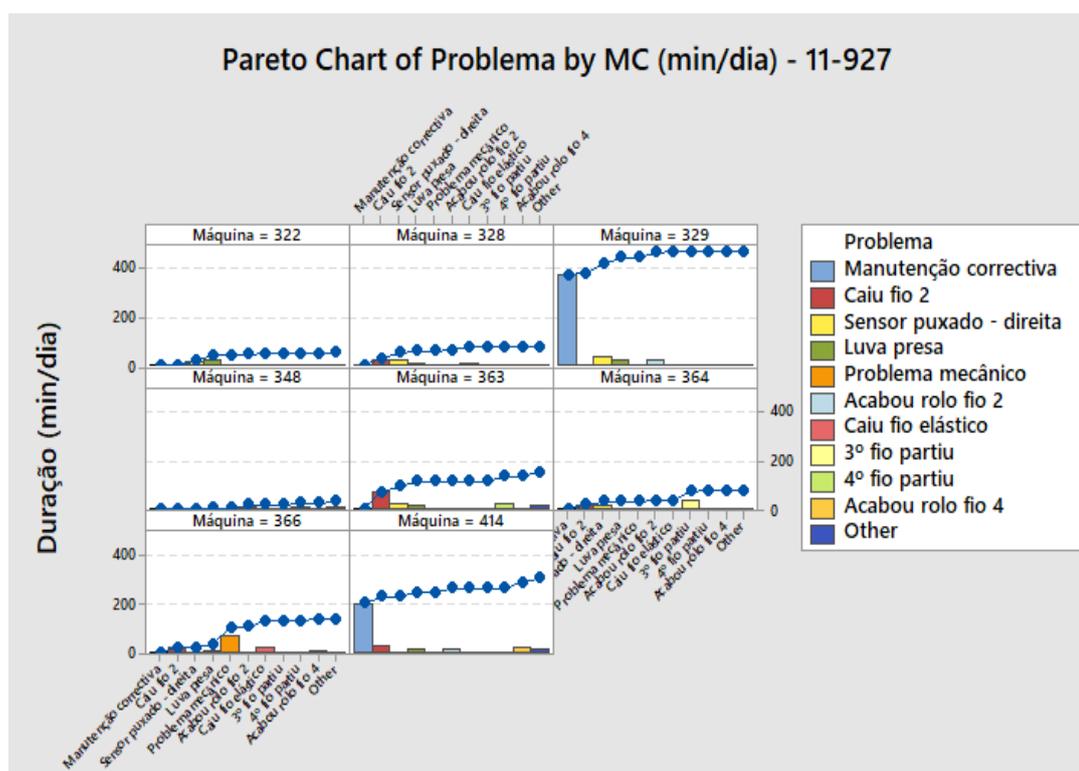


Figura 31 - Duração das paragens por máquina no artigo K11927.

Após a análise dos gráficos e diagramas de Pareto exibidos nas figuras acima representadas, chega-se à conclusão que a maior causa de paragem das máquinas está relacionada com os fios, sendo a principal a queda do fio 2 – TNPA522.

Como ilustrado nos diagramas de Pareto das figuras 30 e 31, outra causa de paragem das máquinas está relacionada com a manutenção corretiva. Constatando-se a existência de duas máquinas (329 e 414) com possíveis problemas mecânicos, originando um aumento no número e duração das paragens.

Sabendo que, a manutenção de uma máquina, seja corretiva ou preventiva, irá demorar mais tempo a corrigir do que qualquer outra ocorrência.

Seguidamente serão apresentados os gráficos e diagramas de Pareto relativos ao artigo KP5000.

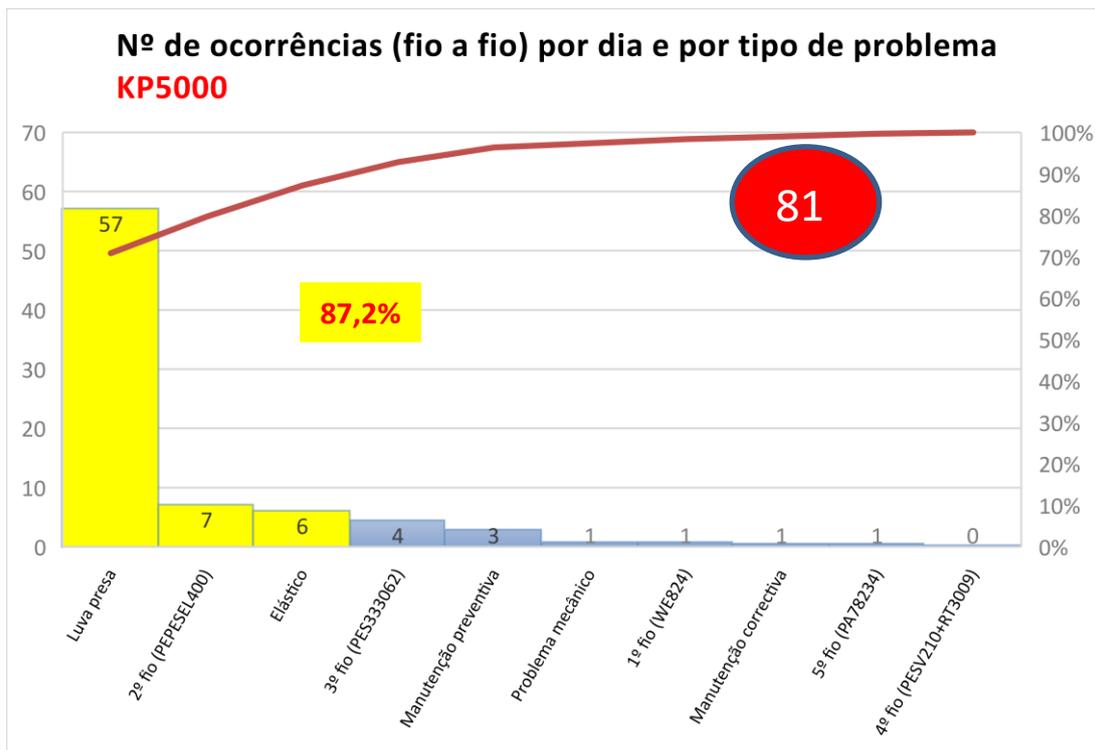


Figura 32 - Nº ocorrências fio a fio por dia e tipo de problema no artigo KP5000.

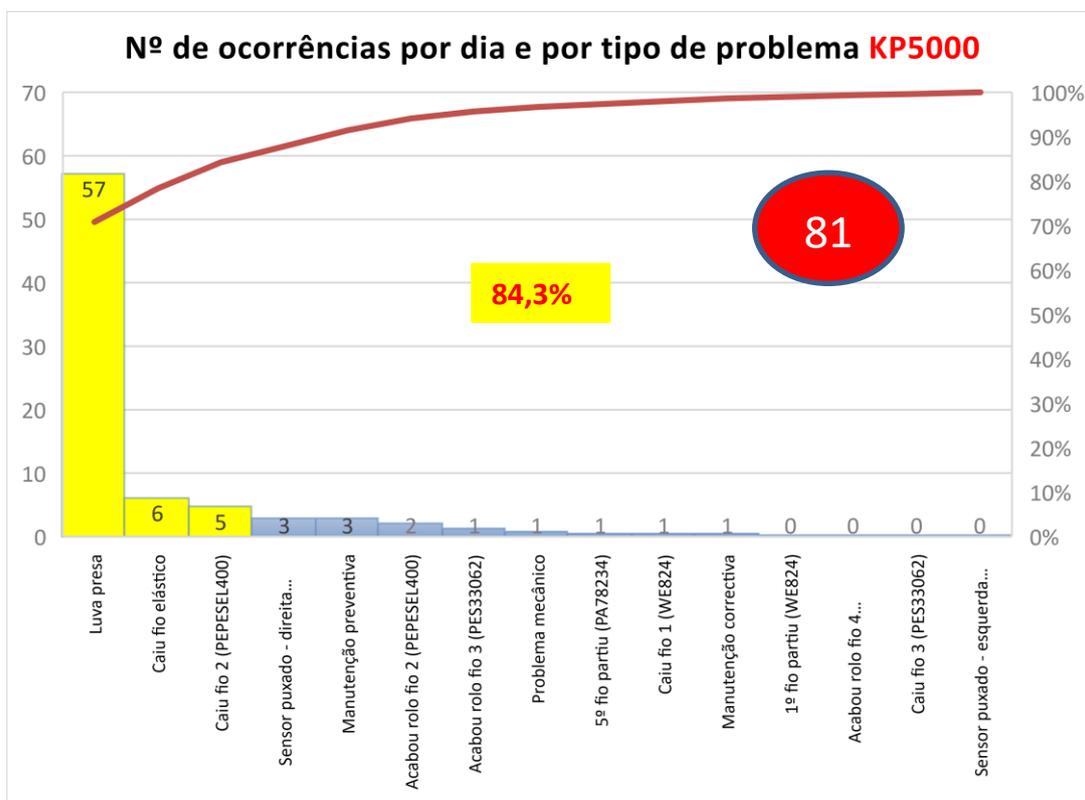


Figura 33 - Nº ocorrências por dia e por tipo de problema no artigo KP5000.

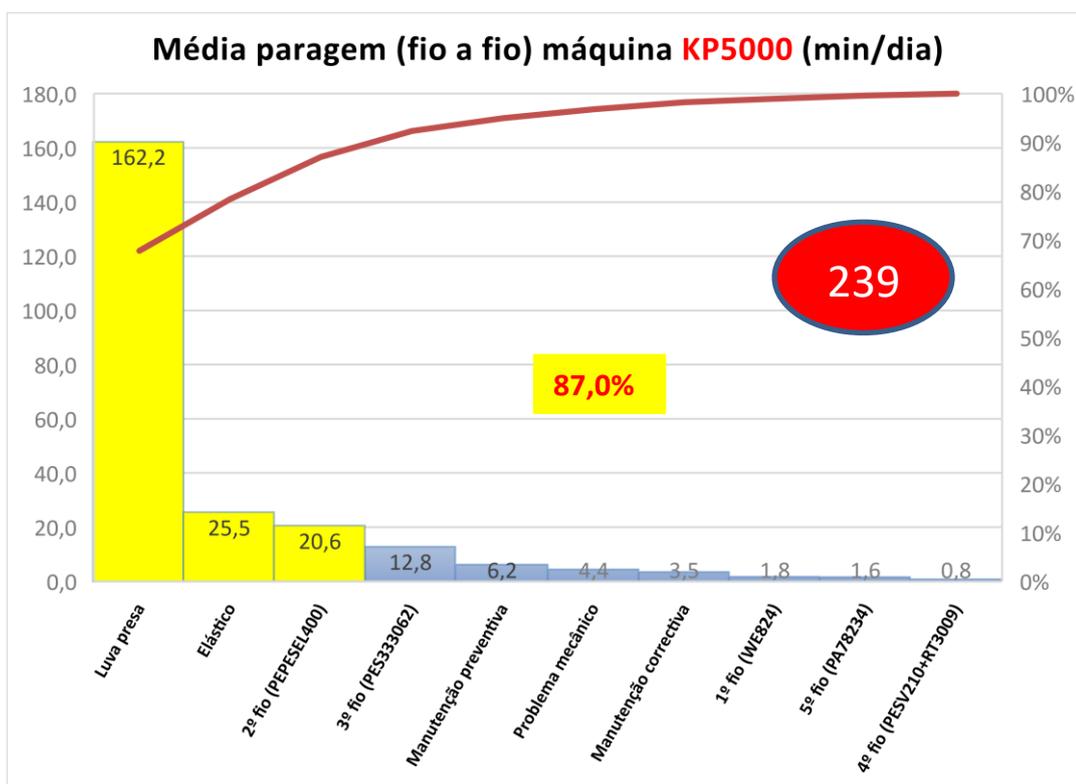


Figura 34 - Frequência de paragens fio a fio no artigo KP5000.

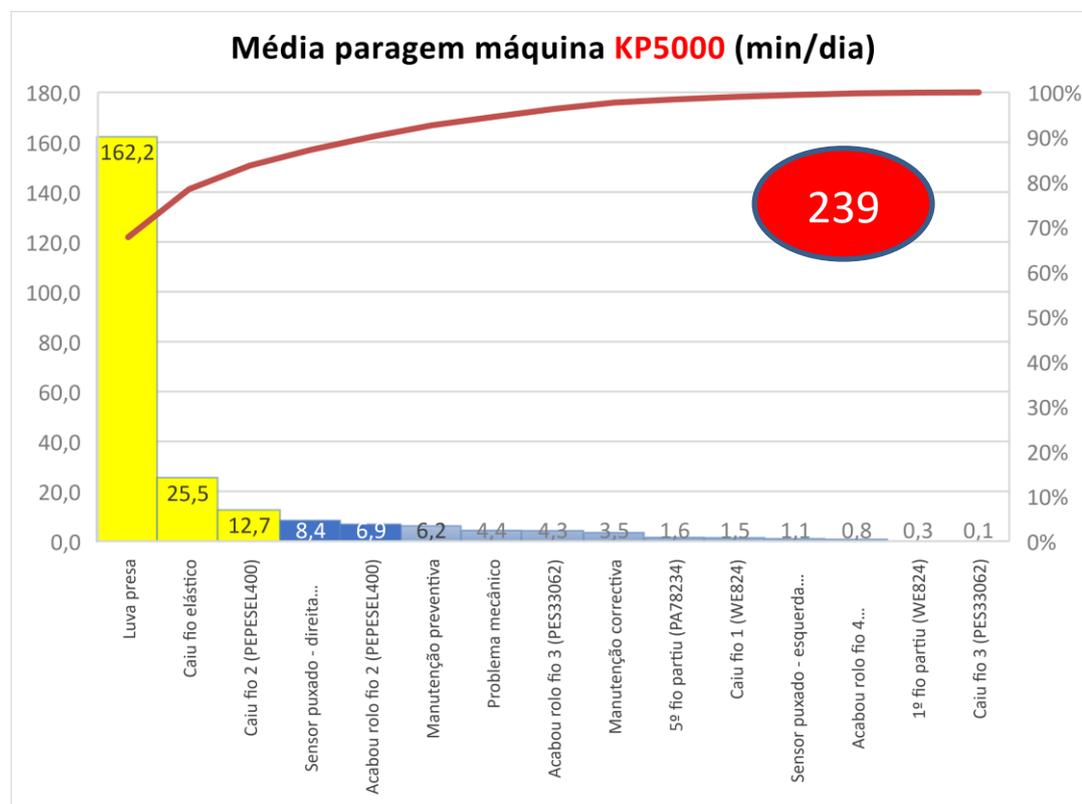


Figura 35 - Frequência de paragens no artigo KP5000.

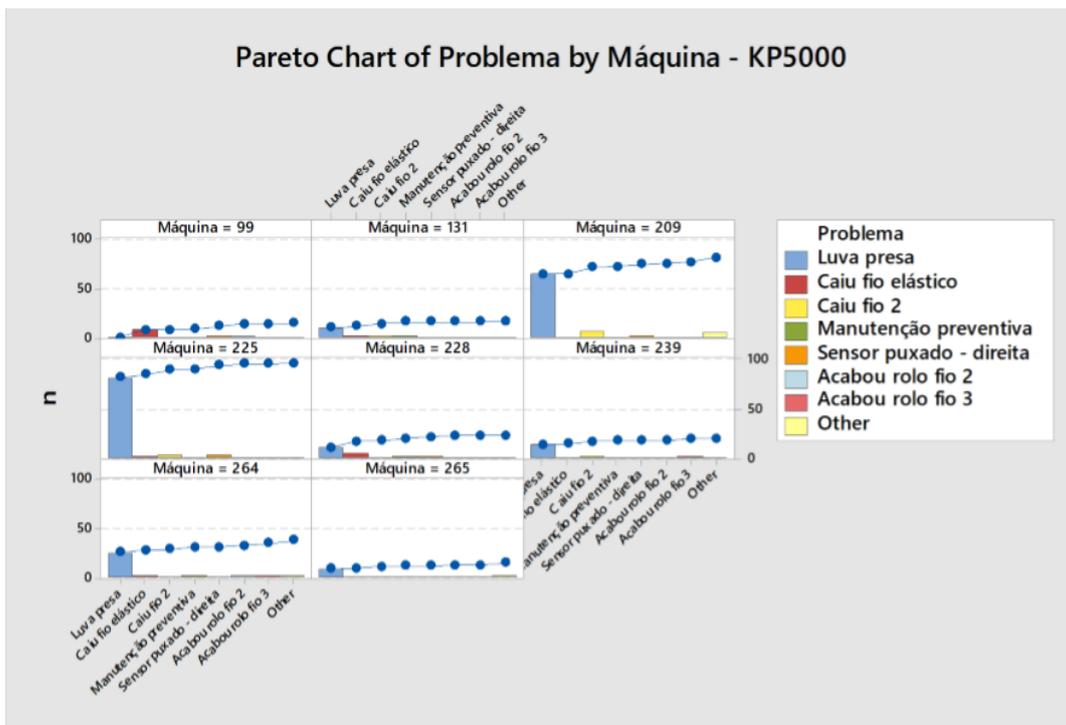


Figura 36 - Nº ocorrências por máquina no artigo KP5000.

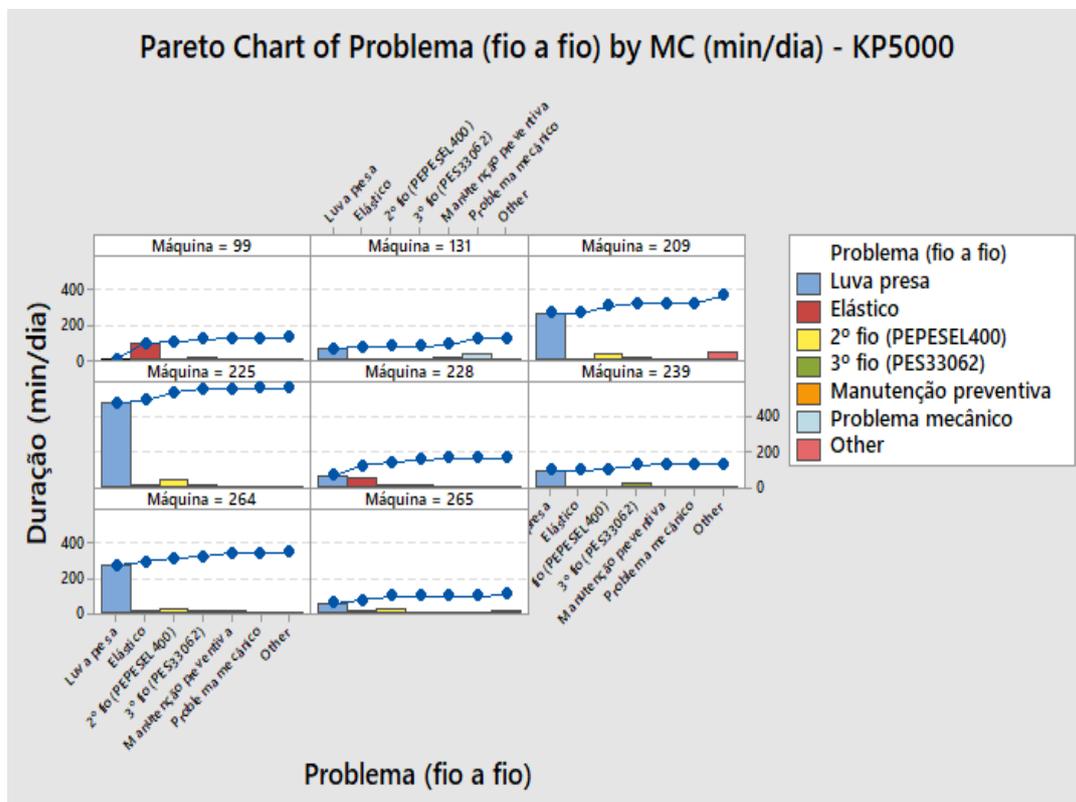


Figura 37 - Duração das paragens fio a fio por máquina no artigo KP5000.

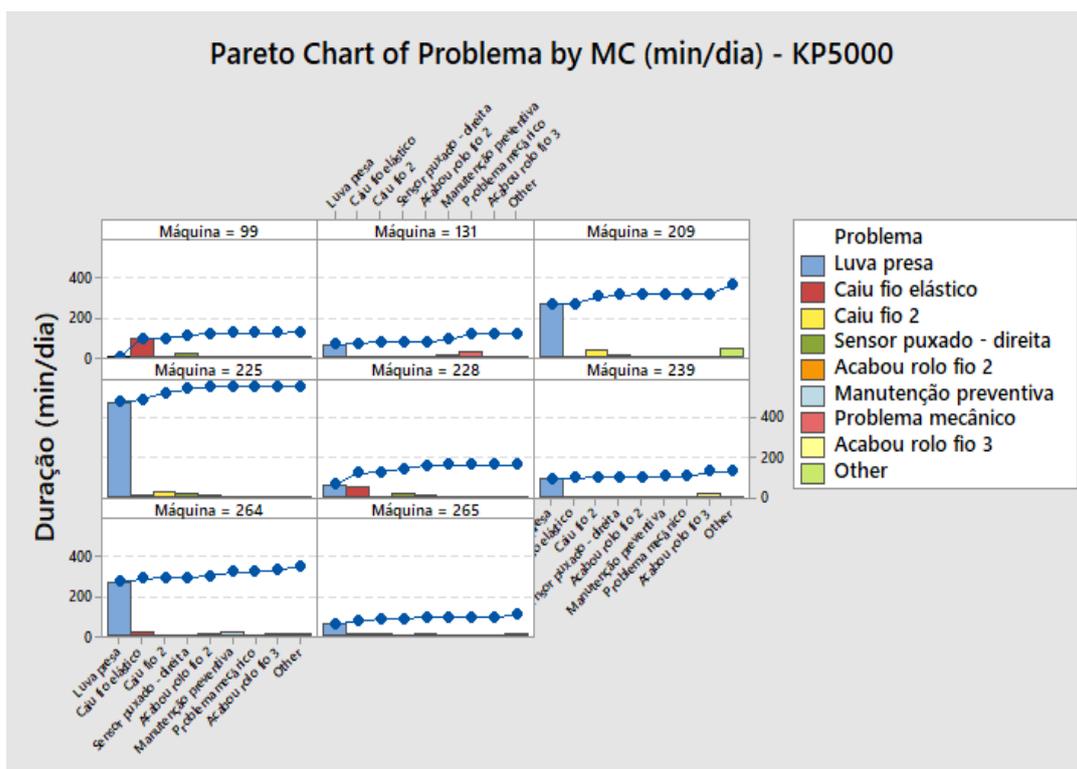


Figura 38 - Duração das paragens por máquina no artigo KP5000.

No artigo KP5000 é clara a visualização de que a luva presa é a maior causa de paragem das máquinas, seja fio a fio, por número de ocorrências ou a duração das mesmas.

O estudo realizado ao artigo K11931 é apresentado nos gráficos e diagramas de Pareto seguintes são apresentados nas figuras seguintes.

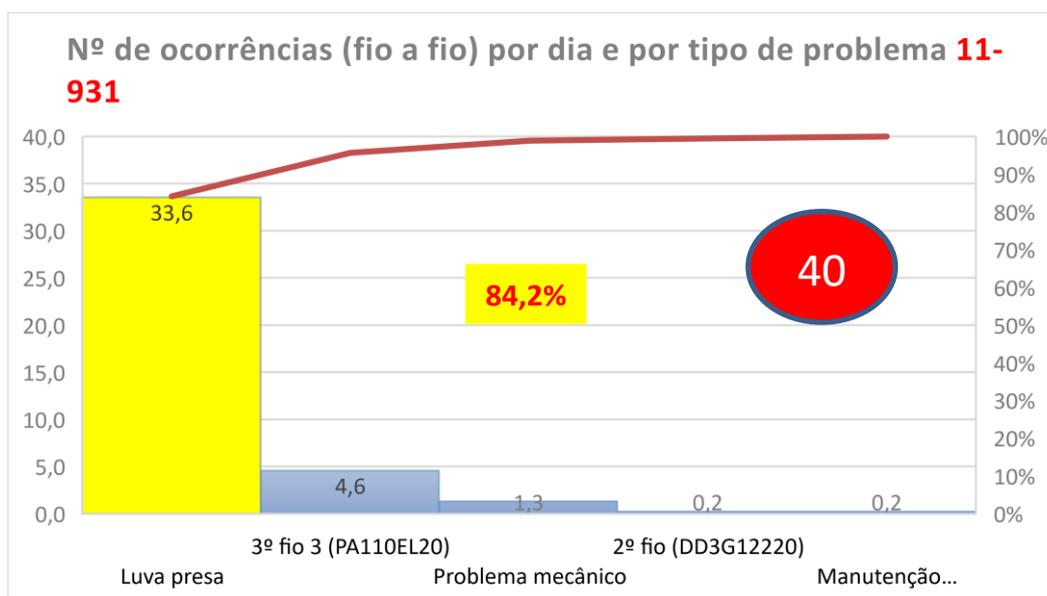


Figura 39 - Nº ocorrências fio a fio por dia e tipo de problema no artigo K11931.

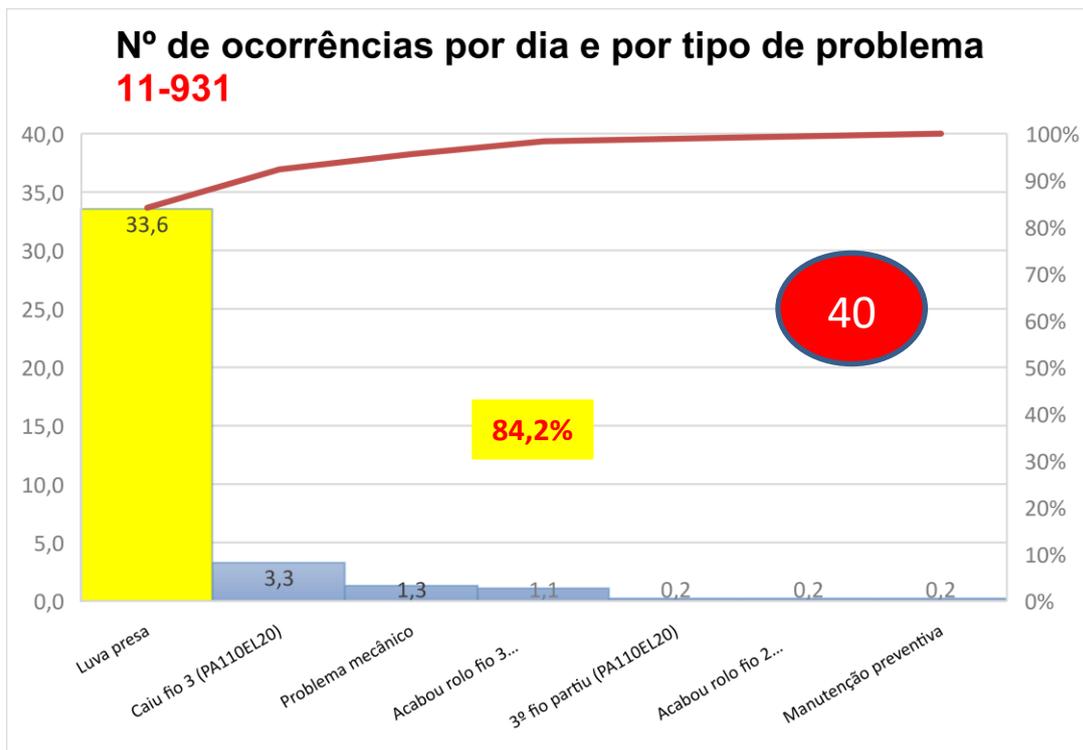


Figura 41 - Nº ocorrências por dia e tipo de problema no artigo K11931.

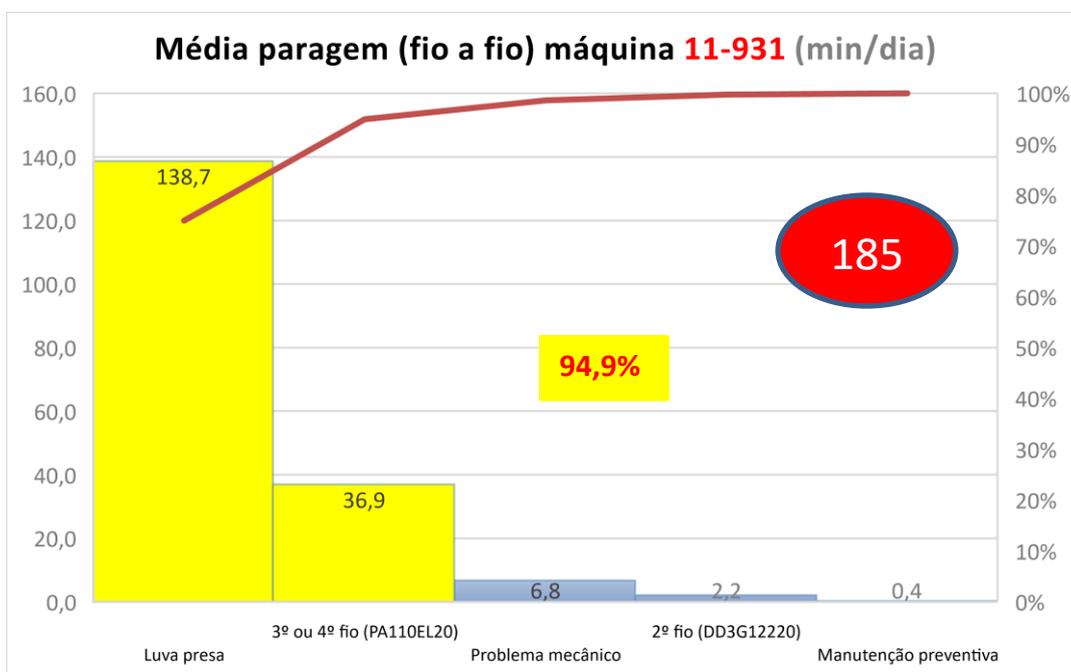


Figura 40 - Frequência de paragens fio a fio no artigo K11931.

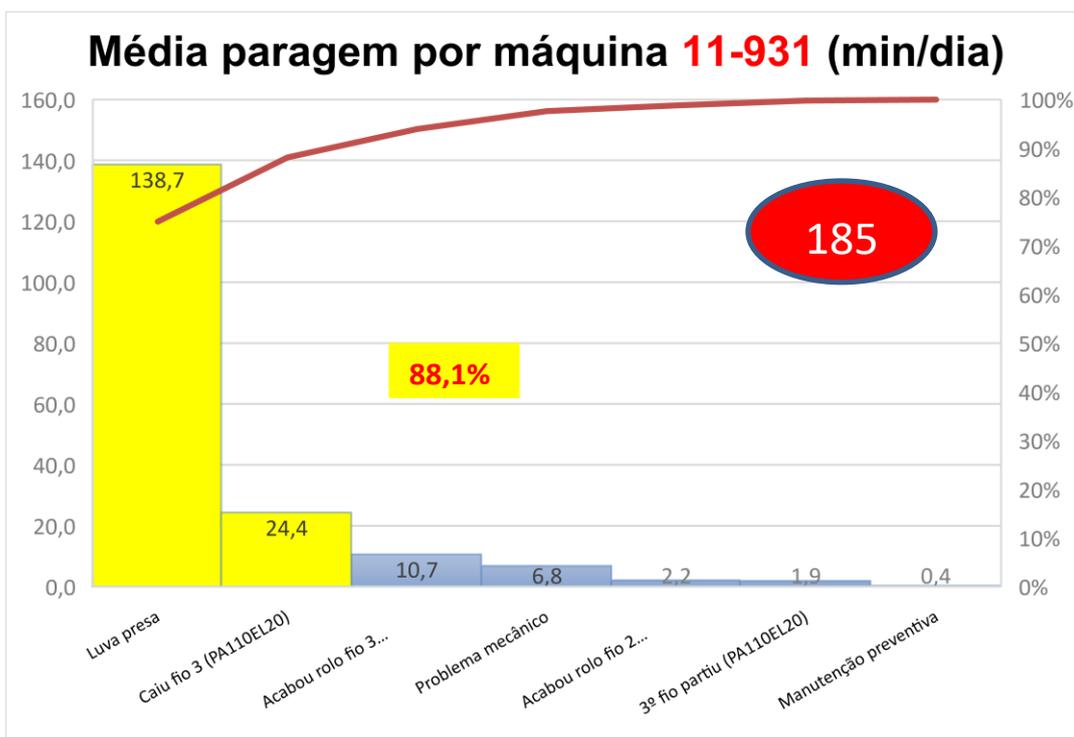


Figura 42 - Frequência de paragens no artigo K11931.

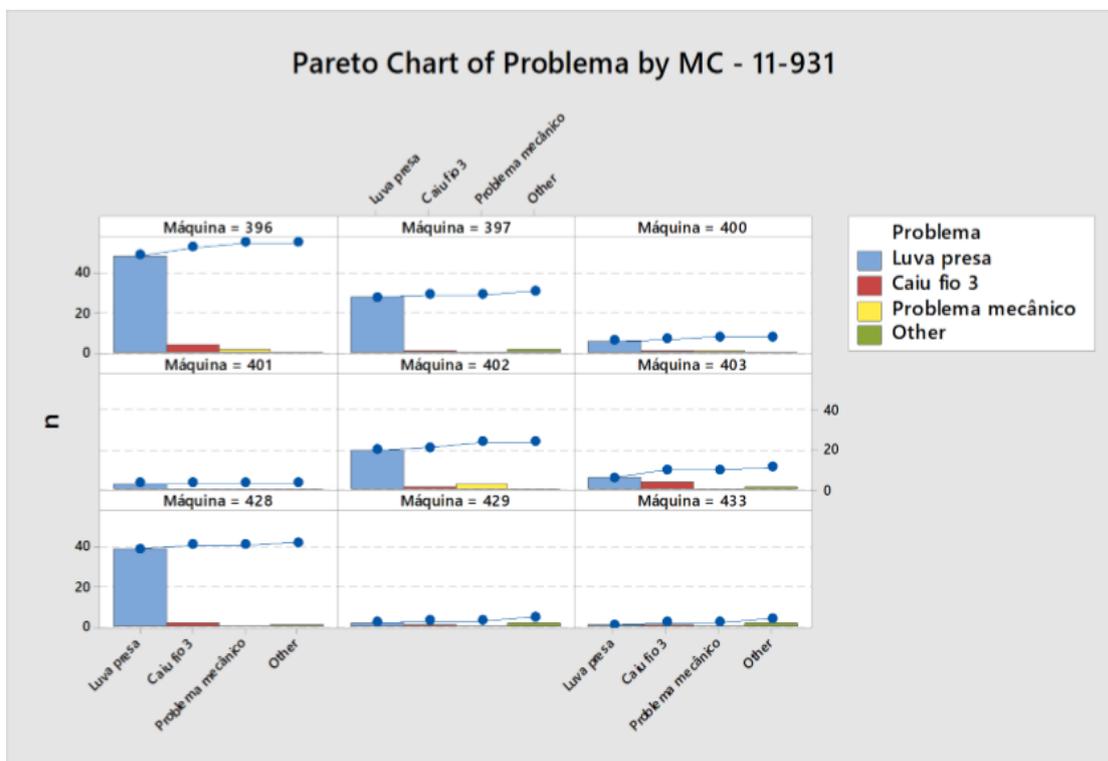


Figura 43 - Nº ocorrências por máquina no artigo K11931.

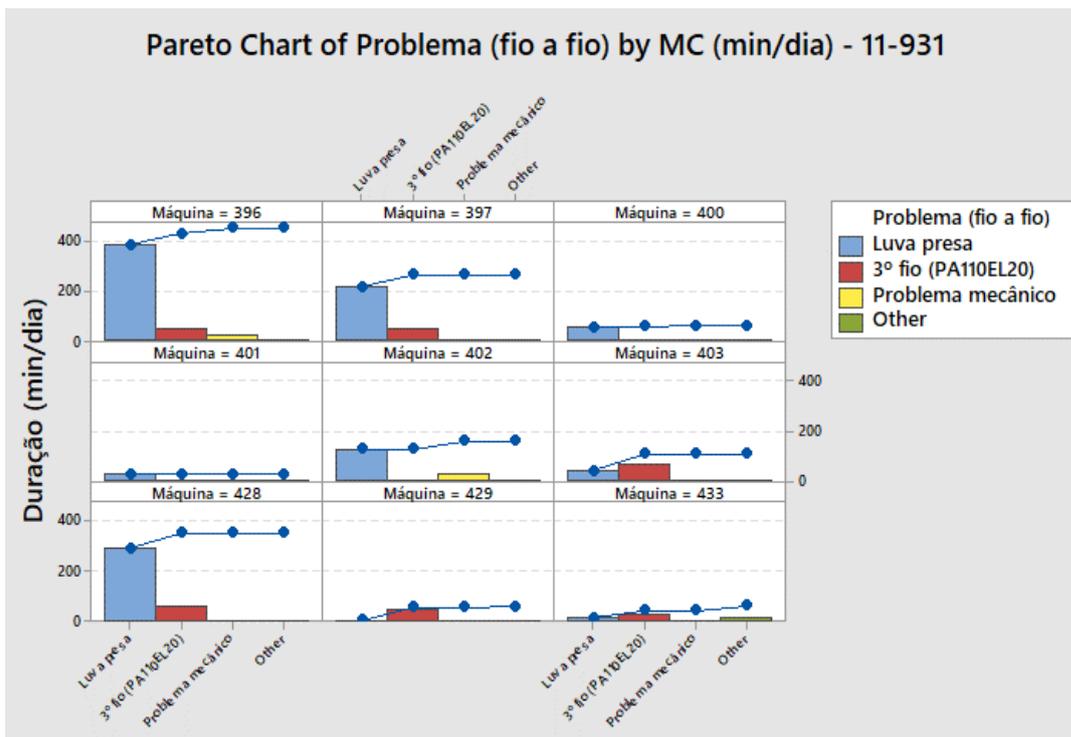


Figura 44 - Duração das paragens por máquina fio a fio no artigo K11931.

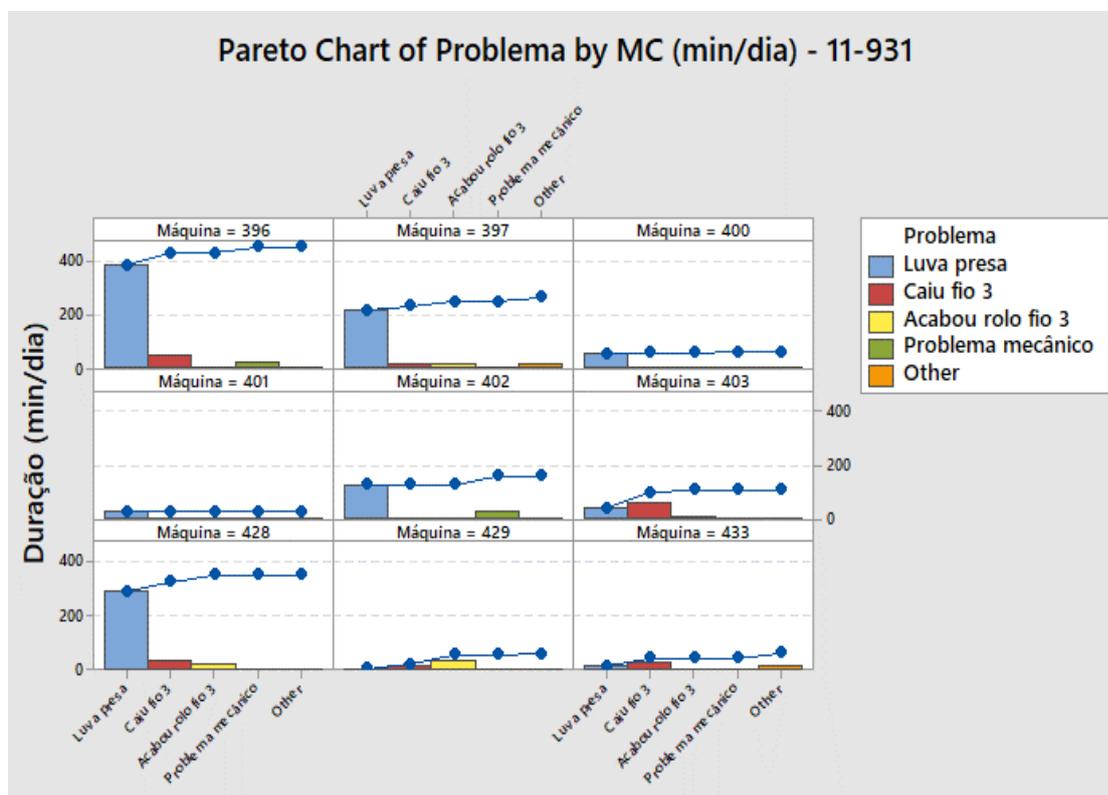


Figura 45 - Duração das paragens por máquina no artigo K11931.

Tal como o artigo analisado anteriormente, o artigo K11931 tem como maior causa de paragem a luva presa. Os problemas seguintes estão relacionados com os fios, especificamente no fio 3 – PA110EL20.

Por fim, o artigo KP3000, como indicado na Tabela 1, é o que apresenta menor dificuldade de produção de todos os artigos em estudo.

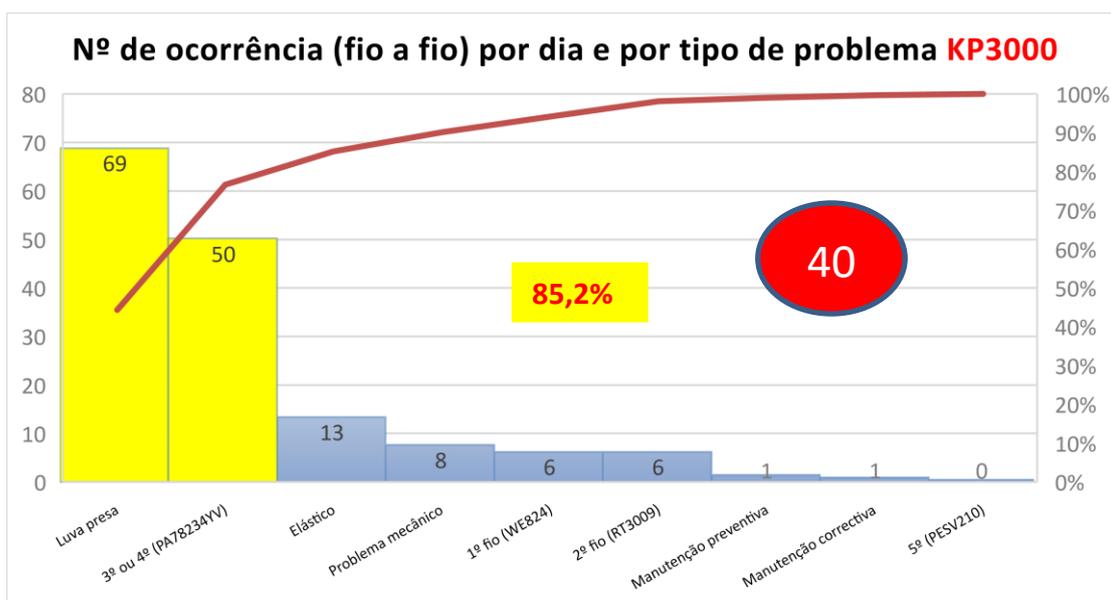


Figura 46 - Nº ocorrências fio a fio por dia e tipo de problema no artigo KP3000.

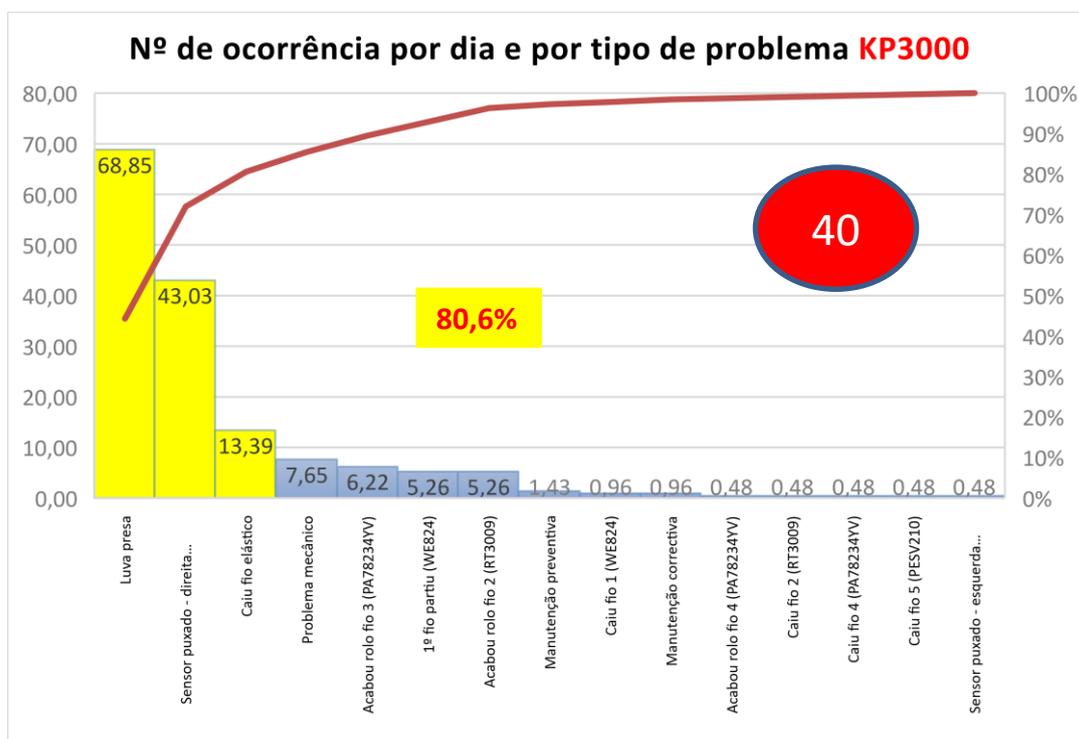


Figura 47 - Nº ocorrências por dia e tipo de problema no artigo KP3000.

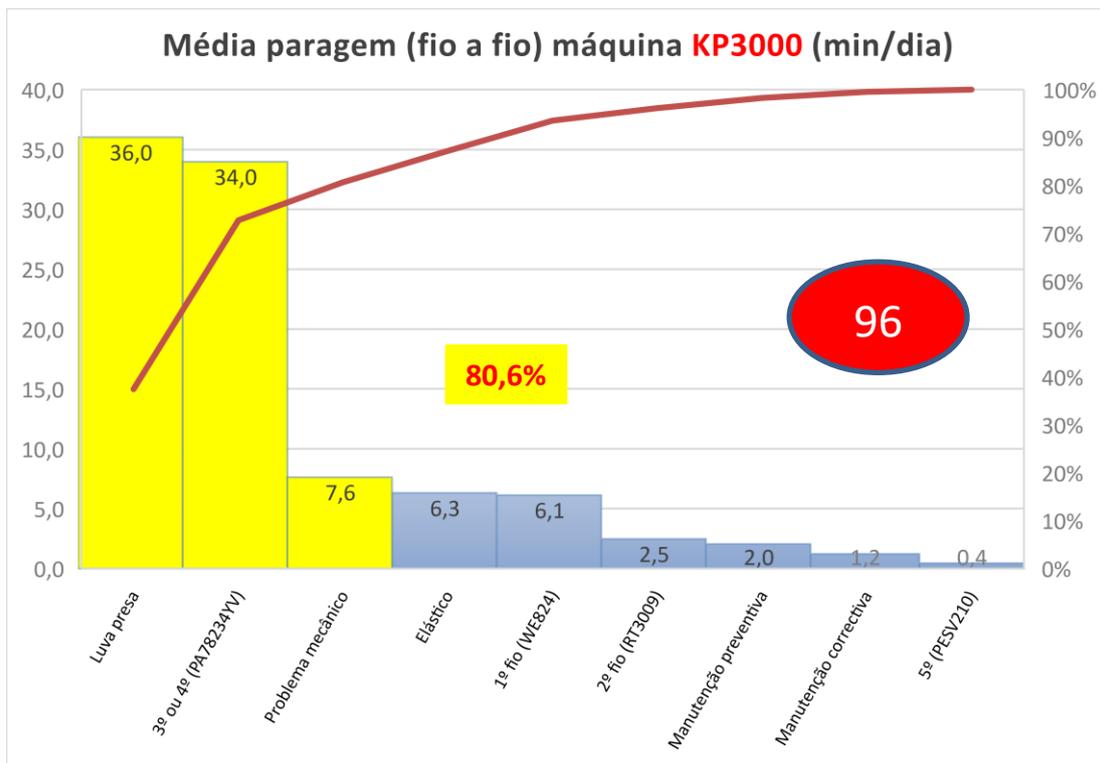


Figura 48 - Frequência de paragens fio a fio no artigo KP3000.

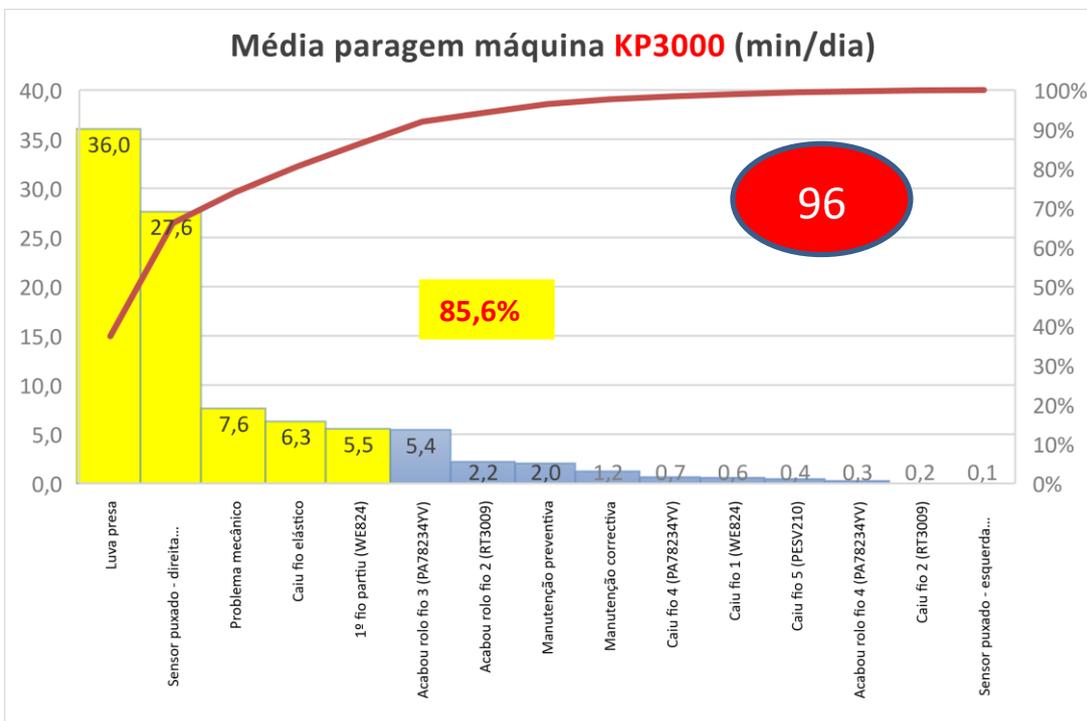


Figura 49 - Frequência de paragens no artigo KP3000.

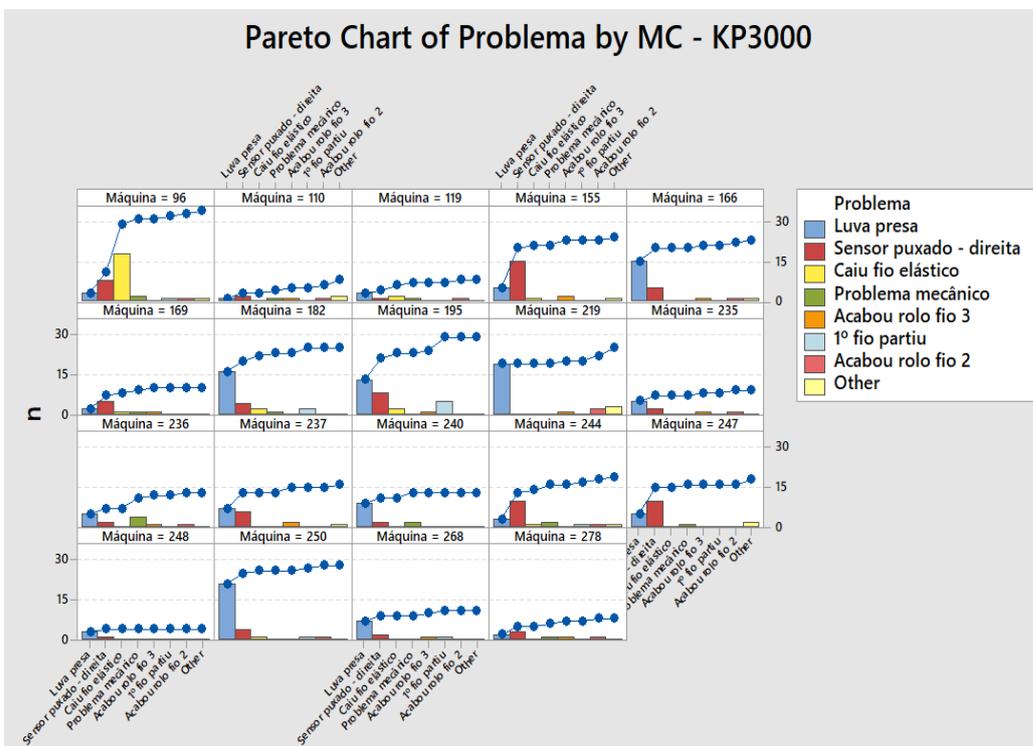


Figura 50 - Nº ocorrências por máquina no artigo KP3000.

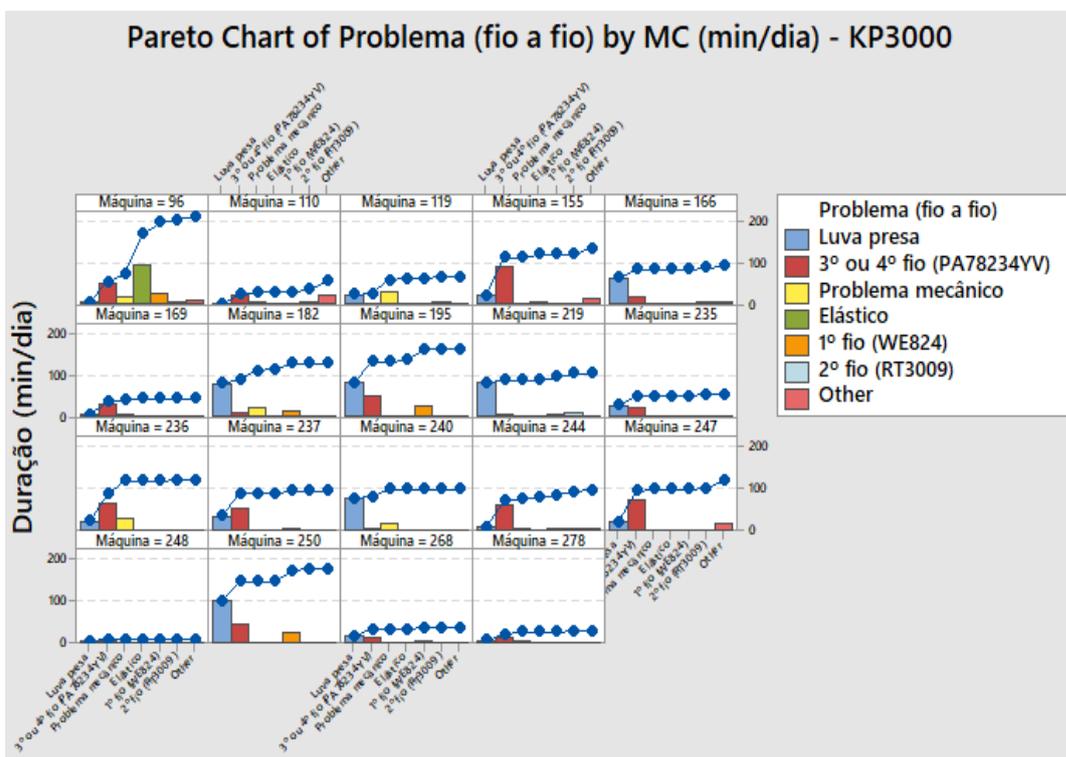


Figura 51 - Duração das paragens fio a fio por máquina no artigo KP3000.

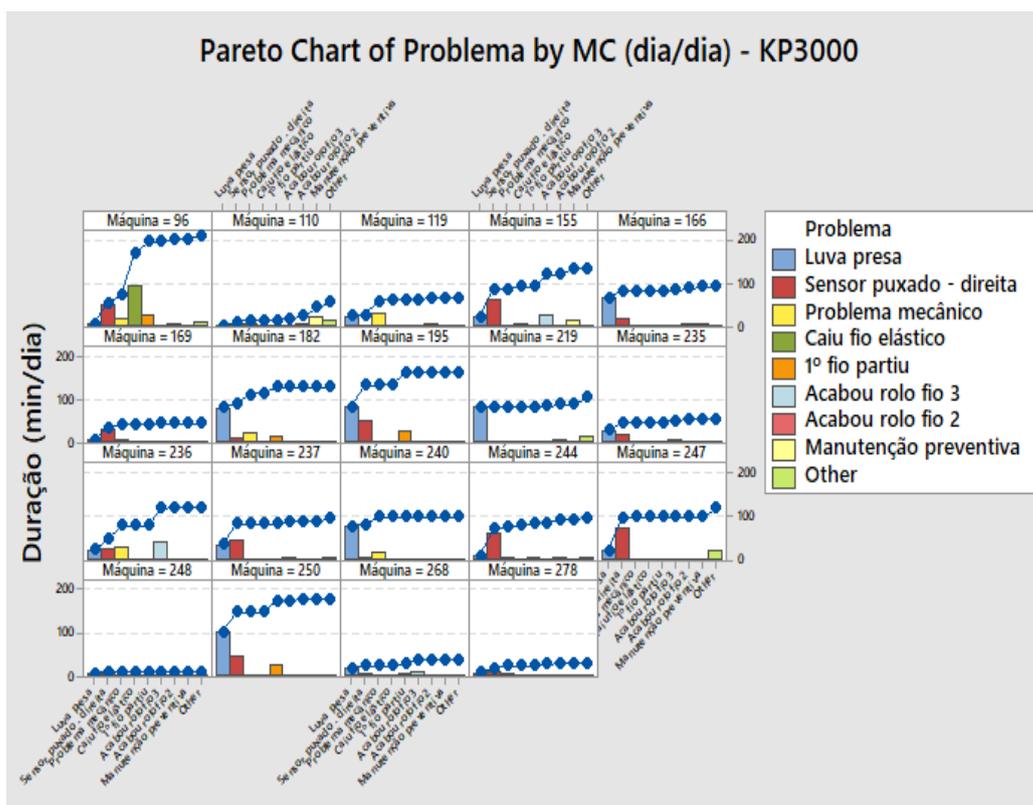


Figura 52 - Duração das paragens por máquina no artigo KP3000.

Neste artigo a maior causa de paragens e duração das mesmas é a luva presa. A máquina 96 apresenta um maior número de paragens por queda de fio elástico (figura 52).

4.2.2. Tempo de ciclo

Como referido anteriormente foi constatado que os tempos de ciclos não eram iguais em todas as máquinas, mesmo nas que produziam o mesmo artigo e tamanho até do mesmo modelo.

Nesta fase foram recolhidos os tempos de ciclo em todas as máquinas de tricotar que produziam os artigos em estudo. De facto, comprovou-se que os tempos de ciclo variavam de máquina para máquina.

Com esta informação, e sabendo o que isto significava a nível produtivo, teria de se perceber as causas e tentar criar uma solução para este problema. Estas causas serão apresentadas no próximo subcapítulo, onde se encontra descrito o trabalho realizado pelos técnicos de manutenção.

Seguidamente, encontram-se representadas no anexo A as tabelas 5 a 8, onde podemos verificar as diferenças entre o tempo de ciclo de especificação e o tempo de ciclo real de produção das luvas, para os artigos K11435/tamanho 9, K11738/tamanho 8, KP3000/tamanho 9 e K11931/tamanho 9.

De seguida, foram testados os tempos de ciclo, de modo a verificar se se encontravam na média, abaixo ou acima do tempo de ciclo especificado. Estes resultados, estão presentes na tabela 9 (anexo A).

Para facilitar o trabalho dos técnicos de manutenção foi criado um formulário, de modo a verificar possíveis alterações na velocidade de produção, e, conseqüentemente, variações nos tempos de ciclo. Este formulário está presente na tabela 10 (anexo B). A versão apresentada demonstra seis das nove posições possíveis da produção de uma luva, devido ao seu critério/importância.

4.2.3. Recolha do trabalho dos técnicos de manutenção

Na área de tricotagem da Ansell Portugal, existem dois tipos de técnicos de manutenção.

Na equipa de manutenção preventiva existem quatro elementos a trabalhar cinco dias por semana, no horário estipulado. Enquanto, a manutenção corretiva é composta por nove técnicos, quatro deles a trabalhar quatro turnos de seis horas.

Aquando do início deste projeto, estas equipas não possuíam registo do trabalho realizado. A falta de documentação mostrava-se uma falha na organização do material e peças utilizadas por parte dos técnicos. Assim foi sugerido e criado um formulário para cada equipa, como forma de apoio aos profissionais e apurar as causas de alguns problemas existentes. Os formulários sugeridos podem ser consultados no anexo B.

O formulário da manutenção preventiva está presente na tabela 12.

A elaboração do formulário da manutenção corretiva foi mais desafiante devido aos inúmeros problemas que poderiam ocorrer nas máquinas. E, por essa razão foram realizados vários protótipos até à versão final presente na tabela 13. As razões de intervenção podem ser por máquina encravada, agulhas partidas ou empenadas, platinas, *jacks*, *looper*, escovas, guia fios, bobina ou sensor esticão danificados, lâmina desafinada, luva presa, defeito punho, aureola a saltar, não corta aureola, malha caída aureola, aureola junta com o fio principal,

fio solto, falha de fio, quebra do fio, má vanização, nós, prega, pelo, agarra dedo, buraco no dedo, buraco na luva, argola na palma, riscas, luva fora das dimensões, tensor preso ou desafinado, sensor cai da malha, lixo no tambor, tampa saiu, fecho da tampa caído.

Após a análise do trabalho realizado pela equipa de técnicos de manutenção corretiva foi possível perceber que algumas máquinas tinham componentes diferentes e problemas distintos, razão pela qual existia variabilidade nos tempos de ciclos das máquinas.

4.3. Improve

Na fase de melhoria foi realizado um *brainstorming* com o intuito de obter soluções de melhoria para a quebra de fio e a luva presa, de modo a aumentar a produção. Foi realizado um diagrama de Ishikawa (figura 53) para facilitar esta fase, presente no anexo C.

Neste, as máquinas foram divididas por modelos, existindo três tipos diferentes: o modelo antigo e atual das máquinas NSFG, e o modelo SFGI.

Concluiu-se que a luva pode ficar presa por uma queda não reconhecida ou porque a luva não cai, isto ocorre devido a problemas nas lâminas ou na velocidade de corte. E a quebra de fio pode ocorrer no fio esquerdo, direito ou no elástico.

Logo de forma a diminuir as paragens por quebra de fio, dever-se-ia alterar o formato do suporte dos fios, passando de bobines para cones. Isto iria facilitar o desenrolar do fio e evitar que este fique preso. Outra solução seria aumentar o peso do suporte de aproximadamente 400g para 1500g, evitando as constates deslocações dos operadores na mudança da bobine, quando esta deixa de ter fio. Com a colocação de sensores haveria uma diminuição na queda e quebra dos fios.

Para situações de luva presa seria benéfica a troca de lâminas antigas por lâminas novas, para melhorar o corte e facilitar a queda da luva na zona adequada.

Estas soluções de melhoria foram encontradas por toda a equipa seis sigma.

Na tentativa de reduzir as paragens por quebra de fio e por fio preso, foi implementada uma solução de melhoria através da colocação de sensores nas máquinas que produziam o artigo K11927.

Na tabela 14 e 15 (anexo D) estão representados os dados recolhidos antes da aplicação dos sensores no artigo K11927. O local selecionado para aplicação de sensores no

artigo K11927 dependeu da avaliação da maior causa de paragem nas máquinas, sendo a queda do fio 2 – TNPA552, a principal ocorrência.

Nas tabelas 16 e 17 (anexo D) estão ilustrados os dados relativos ao número de ocorrências por dia e a duração de paragens após a aplicação dos sensores. Sabendo que o sensor esquerdo foi aplicado no fio 2 – TNPA552, verifica-se uma diminuição no número de ocorrências por sensor puxado no lado esquerdo em menos 53,5% e de 9,1% na duração do tempo das paragens (min/dia).

No artigo de luva K11738 a maior causa de paragens é a luva presa, no entanto para o presente estudo importa comparar as ocorrências e o tempo de paragem antes e depois da colocação dos sensores no fio 2 - HPPE. Na tabela 18 e 19 (anexo F) são apresentados o número de ocorrências por dia e a duração das paragens das máquinas, respetivamente, antes da colocação dos sensores. Podemos verificar nas tabelas 20 e 21 (anexo F) que após a aplicação dos sensores no artigo K11738 houve uma diminuição no número de paragens das máquinas em 78,7% contudo, ocorreu um aumento na duração das mesmas.

5. CONCLUSÃO

Como mencionado no início desta dissertação o objetivo era a realização de um estudo das máquinas de tricotar da área de tricotagem, de forma a perceber a causa das constantes paragens das máquinas.

No início deste projeto e de acordo com a metodologia DMAIC foram recolhidos os dados dos problemas que ocorriam nas máquinas de tricotar, os tempos de ciclo das máquinas e o trabalho desenvolvido pelos técnicos de manutenção preventiva e corretiva.

A criação de formulários para os profissionais permitiu a recolha e análise de dados, facilitando o *brainstorming* na fase de melhoria. Assim como, possibilitar a sua consulta e auxiliar futuros estudos a desenvolver.

Na fase seguinte foram analisados todos os dados recolhidos (ocorrências, tempos de ciclo e trabalho dos técnicos), sendo alguns gráficos baseados no diagrama de Pareto. Os gráficos e tabelas apresentados ao longo do trabalho resultaram da contribuição da equipa seis sigma.

Após a recolha dos resultados da análise concluiu-se que nos artigos K11435, K11738 e K11927 a maior causa de paragem de máquina era por quebra de fio. E, que nos artigos KP3000, KP5000 e K11931 a principal causa era a luva presa. Relativamente aos tempos de ciclo, constatou-se que estes eram diferentes em máquinas iguais, que produziam os mesmos artigos e tamanhos.

O formulário dos técnicos prestou auxílio no entendimento de que apesar de as máquinas serem iguais, podiam existir componentes diferentes, o que levava a variações nos tempos de ciclo.

De seguida foi feito o *brainstorming* por parte da equipa seis sigma, onde se obtiveram algumas hipóteses de melhoria. Sugeriu-se a alteração do suporte dos fios de um cilindro para um cone, o aumento do tamanho e peso do suporte e a colocação de sensores, como forma de resolução da quebra de fio. Enquanto, para as ocorrências de luva presa seria necessária a colocação de lâminas novas, de forma a diminuir os problemas da queda de luva nas máquinas.

Na etapa de melhoria foram instalados sensores nos artigos K11927 e K11738 e efetuada a recolha e análise dos dados. Após a colocação de sensores, o artigo K11927 apresenta uma diminuição no número de ocorrências total igual a 30,2% e 50,2% na duração total das paragens. Para o artigo K11738 ocorreu uma diminuição de 26,8% no número total de ocorrências e um aumento em 19,2% na duração integral das paragens.

Devido à situação que atravessamos de pandemia global por COVID-19 não foi possível implementar todas as propostas de melhoria e realizar a fase *control* da metodologia DMAIC, por conseguinte, finalizar o projeto seis sigma.

Erro! A origem da referência não foi encontrada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castro, R. (2016), “Lean six sigma – Para qualquer negócio, 3º. ed” Lisboa: IST PRESS.
- Ferreira, G. (2019), “Otimização de processos analíticos no âmbito da indústria farmacêutica com abordagem às metodologias Lean seis-sigma de gestão da melhoria contínua”.
- Lousã, M., Santos, J. e Cabral, A (2018), “Como fazer trabalhos académicos – Guia Prático para elaborar projetos, relatórios, teses, dissertações, artigos e muito mais”, Porto Editora.
- Monteiro, S. (2017), “Uma heurística construtiva para o planeamento de atividades de limpeza de teares”, Dissertação de mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Pereira, M. (2020), “Desenvolvimento de um estudo sobre a área de produção de tricotagem, definição de um plano de melhoria funcional e aumentar a produtividade/output dos artigos virados à volta de 5%”. Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Engenheiro Efetivo em Engenharia Mecânica Nível 2 na Ordem dos Engenheiros, realizado na Ansell Portugal.
- Tague, N. (2005), “The Quality Toolbox, 2ªEd.”, Quality Press. ISBN 0-87389-639-4
- Tang, L., Goh, T., Yam, H. e Yoap, T. (2006), “Six Sigma – Advanced Tools for Black Belts and Master Black Belts” John Wiley & Sons, Ltd. ISBN-13:978-0-470-02583-3 (HB)
- Smetkowska, M. e Mrugalska, B. (2018), “Using Six Sigma DMAIC to improve the quality of production process: a case study” Procedia Social and Behavioral Sciences. Elsevier Ltd, Acedido a 6 de Fevereiro de 2021 em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042818300697>.
- <https://www.ansell.com/gb/en>: acedido a 9 de Fevereiro de 2021.

ANEXO A

Máquina	Artigo	Tamanho	Tempo de ciclo/Luva [min]	Tempo de ciclo especificado/Luva [min]
491	K11435	9	4.41	4.45
492	K11435	9	5.02	4.45
416	K11435	9	5.02	4.45
317	K11435	9	4.57	4.45
337	K11435	9	5.08	4.45
494	K11435	9	4.53	4.45
495	K11435	9	5.11	4.45
496	K11435	9	5.10	4.45
493	K11435	9	4.45	4.45

Tabela 5 - Comparação entre o tempo de ciclo real e o tempo de ciclo especificado para o artigo K11435.

Máquina	Artigo	Tamanho	Tempo de ciclo/Luva [min]	Tempo de ciclo especificado/ Luva [min]
245	KP3000	9	5.10	4.54
281	KP3000	9	4.59	4.54
115	KP3000	9	5.18	4.54
120	KP3000	9	5.02	4.54
167	KP3000	9	5.00	4.54
309	KP3000	9	5.07	4.54
236	KP3000	9	4.56	4.54
119	KP3000	9	5.42	4.54
278	KP3000	9	5.16	4.54
248	KP3000	9	5.24	4.54
235	KP3000	9	5.07	4.54
237	KP3000	9	5.10	4.54
253	KP3000	9	4.54	4.54

Tabela 6 - Comparação entre o tempo de ciclo real e o tempo de ciclo especificado para o artigo KP3000.

Máquina	Artigo	Tamanho	Tempo de ciclo/Luva [min]	Tempo de ciclo especificado/Luva [min]
347	K11738	8	4.27	4.30
321	K11738	8	4.40	4.30
410	K11738	8	4.16	4.30
345	K11738	8	4.10	4.30
344	K11738	8	4.39	4.30
346	K11738	8	4.17	4.30
411	K11738	8	4.20	4.30
412	K11738	8	4.19	4.30

Tabela 7 - Comparação entre o tempo de ciclo real e o tempo de ciclo especificado para o artigo K11738

Máquina	Artigo	Tamanho	Tempo de ciclo/Luva [min]	Tempo de ciclo especificado/ Luva [min]
432	K11931	9	5.35	5.45
427	K11931	9	5.30	5.45
395	K11931	9	5.50	5.45
394	K11931	9	6.02	5.45
438	K11931	9	5.31	5.45
437	K11931	9	5.47	5.45
436	K11931	9	5.45	5.45
400	K11931	9	5.46	5.45
428	K11931	9	5.34	5.45
396	K11931	9	5.38	5.45
399	K11931	9	5.49	5.45
404	K11931	9	5.38	5.45

Tabela 8 - Comparação entre o tempo de ciclo real e o tempo de ciclo especificado para o artigo K11931.

Artigo/Tamanho	Abaixo da média	Acima da média	Na média
K11435/7	0	0	1
K11435/9	15	8	0
K11738/7	1	1	1
K11738/8	7	4	0
K11738/10	3	7	0
K11738/11	2	2	0
K11927/7	0	0	1
K11927/9	3	1	0
K11927/11	3	1	0
K11931/8	3	2	0
K11931/9	8	2	0
K11931/10	2	3	0
K11931/11	0	0	1
KP3000/7	1	1	0
KP3000/8	4	4	1
KP3000/9	4	10	0
KP3000/10	3	9	1
KP5000/8	0	0	1
KP5000/9	2	2	0
KP5000/10	3	3	0
KP5000/11	2	1	0
TOTAL	66	61	7
%	49	46	5

Tabela 9 - Percentagem de máquinas que se encontra acima, abaixo ou na média do tempo de ciclo especificado.

Nº máquina						
Dia	Início	Fim	Técnico (preventiva)	Manutenção preventiva		
	(hora : minuto)	(hora : minuto)		Lubrificação	Limpeza	Observações

Tabela 12 - Formulário técnicos de manutenção preventiva.

ANEXO C

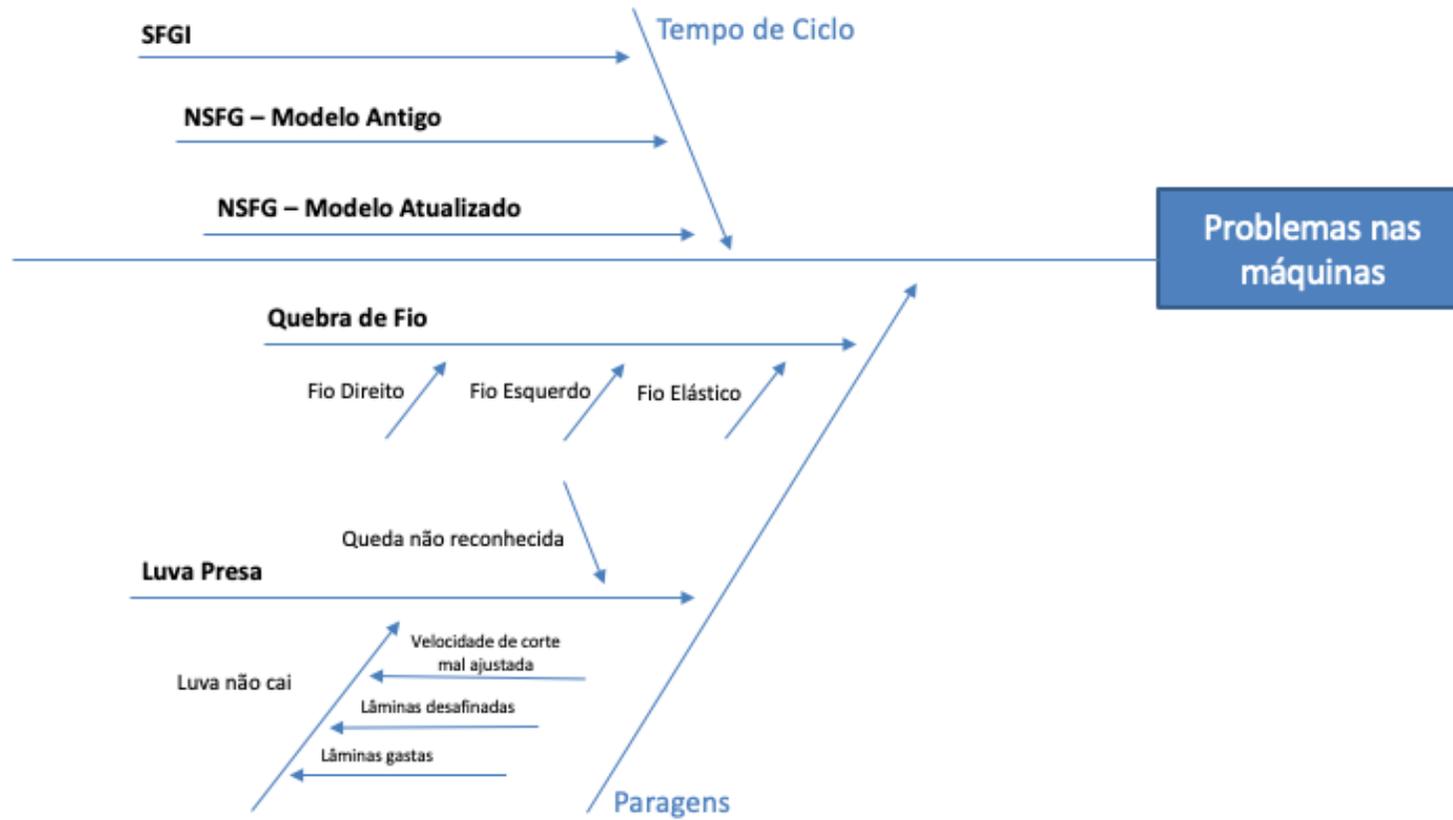


Figura 53 - Diagrama de Ishikawa.

ANEXO D

11-927 (26 a 27)	Nº ocorrências/dia	11-927 (26 a 27)	Duração (min/dia)
Caiu fio 2	54,2	3º fio partiu	39,0
Luva presa	47,1	4º fio partiu	37,9
Sensor puxado - direita	33,0	Acabou rolo fio 1	18,9
Acabou rolo fio 2	23,5	Acabou rolo fio 2	65,6
4º fio partiu	16,5	Acabou rolo fio 4	29,1
Caiu fio elástico	14,1	Caiu fio 1	7,0
Acabou rolo fio 4	9,4	Caiu fio 2	171,5
Manutenção corretiva	9,4	Caiu fio 5	7,1
3º fio partiu	7,1	Caiu fio elástico	41,2
Manutenção preventiva	7,1	Sensor puxado - direita	115,6
Acabou rolo fio 1	4,7	Luva presa	113,2
Caiu fio 1	2,4	Manutenção preventiva	6,5
Caiu fio 5	2,4	Manutenção corretiva	579,2
Problema mecânico	2,4	Problema mecânico	68,3
Grand Total	233,1	Grand Total	1300,0

Tabela 14 - Número e duração de ocorrências antes da colocação de sensores no artigo K11927.

11-927 (03 a 06)	Nº ocorrências/dia	% menos	11-927 (03 a 06)	Duração (min/dia)	% menos
Sensor puxado - direita	52,0		3º fio partiu	10,1	
Luva presa	48,7		5º fio partiu	8,9	
Sensor puxado - esquerda	25,2	53,5	Acabou rolo fio 2	47,7	
Acabou rolo fio 2	15,1		Acabou rolo fio 3	18,3	
Problema mecânico	8,4		Sensor puxado - esquerda	156,0	9,1
Manutenção preventiva	6,7		Sensor puxado - direita	253,9	
Acabou rolo fio 3	3,4		Luva presa	85,6	
3º fio partiu	1,7		Manutenção preventiva	6,4	
5º fio partiu	1,7		Problema mecânico	60,9	
Grand Total	162,8	30,2	Grand total	647,7	50,2

Tabela 15 - Número e duração de ocorrências após a colocação de sensores no artigo K11927.

11-738 27 e 28	Duração (min/dia)	11-738 27 e 28	Nº ocorrências/dia
1º fio partiu	1	1º fio partiu	0,2
3º fio partiu	3	3º fio partiu	1,3
4º fio partiu	14	4º fio partiu	4,0
5º fio partiu	1	5º fio partiu	0,2
Acabou rolo fio 2	4	Acabou rolo fio 2	1,8
Acabou rolo fio 3	4	Acabou rolo fio 3	1,1
Acabou rolo fio 4	13	Acabou rolo fio 4	1,8
Caiu fio 1	1	Caiu fio 1	0,4
Caiu fio 2	14	Caiu fio 2	5,5
Caiu fio 3	4	Caiu fio 3	0,7
Caiu fio 4	0	Caiu fio 4	0,2
Caiu fio elástico	6	Caiu fio elástico	0,9
Sensor puxado - direita	11	Sensor puxado - direita	3,1
Luva presa	27	Luva presa	16,3
Manutenção preventiva	3	Manutenção preventiva	2,9
Manutenção corretiva	17	Manutenção corretiva	0,9
Problema mecânico	1	Problema mecânico	0,9
Grand Total	124	Grand Total	42,6

Tabela 16 - Número e duração de ocorrências antes da colocação de sensores no artigo K11738.

11-738 (13 e 16)	Nº ocorrências/dia	% menos	11-738 (13 e 16)	Duração (min/dia)	% menos
1º fio partiu	0,5		1º fio partiu	3	
2º fio partiu	0,5		2º fio partiu	6	
3º fio partiu	3,1		3º fio partiu	13	
4º fio partiu	0,5		4º fio partiu	3	
5º fio partiu	0,2		5º fio partiu	2	
Acabou rolo fio 2	2,1		Acabou rolo fio 2	10	
Acabou rolo fio 3	2,1		Acabou rolo fio 3	8	
Acabou rolo fio 4	0,7		Acabou rolo fio 4	12	
Caiu fio elástico	1,2		Caiu fio elástico	2	
Sensor puxado - esquerda	3,1	44,1	Sensor puxado - esquerda	24	-43,2
Sensor puxado - direita	3,3		Sensor puxado - direita	16	
Luva presa	10,2		Luva presa	40	
Manutenção preventiva	1,4		Manutenção preventiva	5	
Manutenção corretiva	1,9		Manutenção corretiva	7	
Problema mecânico	0,5		Problema mecânico	3	
Grand Total	31,2	26,8	Grand Total	153	-19,3

Tabela 17 - Número e duração de ocorrências após a colocação de sensores no artigo K11738.