



MELHORIA DA PRECISÃO DE CORTE DE TUBOS EM ESPIRAL ATRAVÉS DA METODOLOGIA DMAIC

DIANA ALEXANDRA MARTINS PEREIRA

julho de 2021

MELHORIA DA PRECISÃO DE CORTE DE TUBOS EM ESPIRAL ATRAVÉS DA METODOLOGIA DMAIC

Diana Alexandra Martins Pereira
1161103

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica





MELHORIA DA PRECISÃO DE CORTE DE TUBOS EM ESPIRAL ATRAVÉS DA METODOLOGIA DMAIC

Diana Alexandra Martins Pereira
1161103

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva.

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica





JÚRI

Presidente

Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira

Professor Coordenador, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Coordenador, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Coorientador

Professor Doutor Raul Duarte Salgueiral Gome Campilho

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Professora Doutora Marlene Paula Castro Amorim

Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

AGRADECIMENTOS

Neste capítulo quero agradecer a todas as pessoas, que contribuíram de forma direta e indireta, para a elaboração deste projeto.

À FicoCables, por ter me acolhido e recebido da melhor forma, em especial, agradeço à Engenheira Susana Loureiro, ao Engenheiro Carlos Duarte e ao Engenheiro Nuno Baptista pelo acompanhamento e apoio demonstrado durante a realização deste projeto. Agradeço de modo igual, à restante equipa da FicoCables, por terem me ajudado, pela sua disponibilidade e companheirismo.

Ao Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva pelo tempo disponibilizado para esclarecimento de dúvidas e ajuda na realização deste projeto.

À minha família e amigos pelo apoio que me deram ao longo da minha vida profissional e pessoal, pelo carinho, motivação, compreensão, principalmente, pela força que me deram para nunca desistir dos meus objetivos.

PALAVRAS CHAVE

DMAIC, Melhoria de qualidade, Produção de espirais, *Seis Sigma*

RESUMO

As organizações, encontram-se cada vez mais em busca da perfeição e na melhoria de incrementos de produtividade e qualidade dos seus produtos, promovendo uma maior competitividade no mercado. A competência para satisfazer os clientes, reduzindo o desperdício associado ao chão de fábrica, é diretamente proporcional à qualidade de uma organização.

Um dos principais ramos na indústria que tende a ser exigente nos mercados globais e que se encontram em constante evolução, capazes de apresentar uma maior resposta a nível de excelência na produção, é o ramo automóvel.

O presente trabalho foi desenvolvido na FicoCables, empresa que se dedica à produção de componentes automóveis. Este estudo teve como finalidade a otimização da qualidade da espiral nas máquinas de corte, pois produziam grande quantidade de produto não conforme, devido à falta de precisão no processo. Assim, o objetivo deste projeto era reduzir o número de boletins não conformes, isto é, a quantidade de espirais que se encontra fora do limite de especificação, analisando a situação atual e desenvolvendo ações de melhoria. A metodologia utilizada na resolução deste problema foi o *Lean Six Sigma*, onde se utilizou o ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*).

Após chegar à conclusão das causas-raiz que contribuem para a falta de precisão no processo de corte da espiral, foram definidas e implementadas ações de melhoria. Com as ações implementadas, obteve-se um ganho mensal de 1744,52€, tendo sido melhorada a estabilidade do processo, a qualidade da espiral, e a produtividade, promovendo uma redução do número de boletins não conformes.

KEYWORDS

DMAIC, Quality improvement, Spiral production, Six Sigma

ABSTRACT

Organizations are increasingly seeking perfection in improving the productivity and quality of their products, promoting competitiveness in the marketplace. The competence to satisfy customers by reducing the waste associated with the shop floor is directly proportional to the quality of an organization.

One of the main branches in the industry that tends to be demanding in global markets and that are in constant evolution, capable of presenting a greater response at the level of excellence in production, is the automotive branch.

The present work was developed at FicoCables, a company engaged in the production of automotive components. The purpose of this study was to optimize the quality of the spiral on the cutting machines, as they were producing a large amount of non-conforming product due to the lack of precision in the process. Thus, the goal of this project was to reduce the number of non-compliant bulletins, i.e., the number of spirals that are outside the specification limit, by analyzing the current situation and developing improvement actions. The methodology used to solve this problem was Lean Six Sigma, where the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) cycle was used.

After being aware of the root causes contributing to the lack of accuracy in the spiral cutting process, improvement actions were defined and implemented. With the implemented actions, a monthly save of 1744.52€ was obtained, where the stability of the process, the quality of the spiral, and productivity were improved, reducing the number of non-conforming bulletins.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

| | |
|-------|---|
| BNC | Boletim Não Conforme |
| CTQ | <i>Critical to Quality</i> |
| DMAIC | <i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i> |
| DMADV | <i>Define, Measure, Analyze, Design, Verify</i> |
| DPMO | Defeitos por Milhão de Oportunidade |
| DPO | Defeitos por Oportunidade |
| DPU | Defeitos por unidade |
| FIFO | First In First Out |
| FIT | <i>Ficosa Improvement Transformation</i> |
| FMEA | <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> |
| HDPE | Polietileno de Alta Densidade |
| ISO | <i>International Organization for Standardization</i> |
| JIT | <i>Just-in-Time</i> |
| LSE | Limite de Especificação Superior |
| LIE | Limite de Especificação Inferior |
| LSS | <i>Lean Six Sigma</i> |
| MAS | Análise do Sistema de Medição |
| OEE | <i>Overall Equipment Effectiveness</i> |
| PA | Poliamida |
| PDCA | <i>Plan, Do, Check, Act</i> |
| PE | Polietileno |
| PVC | Policloreto de Vinil |
| PP | Polipropileno |
| PPM | Partes por Milhão |
| SIPOC | <i>Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customer</i> |
| SMED | <i>Single Minute Exchange of Die</i> |
| TPM | <i>Total Productive Maintenance</i> |
| TPS | <i>Toyota Production System</i> |
| UAP | Unidade de Produção |
| VSM | <i>Value Stream Mapping</i> |

Lista de Unidades

| | |
|-----|----------------|
| kWh | Quilowatt-hora |
|-----|----------------|

| | |
|----|-----------|
| mm | Milímetro |
|----|-----------|

Lista de Símbolos

| | |
|---|-------------|
| % | Porcentagem |
|---|-------------|

GLOSSÁRIO DE TERMOS

| | |
|------------------------|--|
| 5S | Conjunto de 5 palavras japonesas, que em português significa Separação, Organização, Limpeza, <i>Standardização</i> e Disciplina. |
| Auditoria | Processo de verificação das atividades envolvidas na organização. |
| Capacidade do processo | Capacidade de um processo em gerar produtos dentro de um limite de especificação imposto por uma organização ou cliente. |
| Defeito | Produto não conforme ou danificado. |
| Desperdício | Atividade que não acrescenta valor para o produto final. |
| DMAIC | Metodologia que apoia os projetos de <i>Six Sigma</i> (<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>). |
| Filosofia <i>Lean</i> | Metodologia que visa a melhorar a performance de uma organização, eliminando os desperdícios e atividades que não gera valor para a organização. |
| PDCA | Metodologia que apoia os projetos de <i>Lean</i> (<i>Plan, Do, Check, Act</i>). |
| <i>Six Sigma</i> | Metodologia que permite reduzir a variabilidade do processo, contribuindo para um aumento de qualidade dos produtos. |
| <i>Standardização</i> | Processo de uniformização processos, equipamentos, ferramentas, entre outros. |
| <i>Kaizen</i> | Termo que significa “melhoria contínua”. |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 – PRESENÇA GLOBAL DA FICOSA (FICOSA, 2021) | 32 |
| FIGURA 2 – EVOLUÇÃO DA QUALIDADE (CHAKRABORTY & CHUAN, 2012; ROLDÃO & RIBEIRO, 2007) | 37 |
| FIGURA 3 – DEFINIÇÃO DE QUALIDADE TENDO POR BASE AS “DIMENSÕES DA QUALIDADE” (RUNGTUSANATHAM, 1999) | 38 |
| FIGURA 4 – OS SETE PRINCÍPIOS DA QUALIDADE (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION, 2015) | 39 |
| FIGURA 5 – ESTRUTURA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DA TOYOTA (FERNANDES ET AL., 2019) | 43 |
| FIGURA 6 – METODOLOGIA <i>KAIZEN</i> | 48 |
| FIGURA 7 – NÍVEIS SIGMA (MONTGOMERY, 1985) | 51 |
| FIGURA 8 – FASES DO CICLO DMAIC | 52 |
| FIGURA 9 – ATIVIDADES, MÉTODOS E FERRAMENTAS DA FASE DEFINIR (GEORGE, 2003; SOKOVIĆ ET AL., 2009) | 53 |
| FIGURA 10 – ATIVIDADES, MÉTODOS E FERRAMENTAS DA FASE MEDIR (GEORGE, 2003; WERKEMA, 2012) | 53 |
| FIGURA 11 – ATIVIDADES, MÉTODOS E FERRAMENTAS DA FASE ANALISAR (GEORGE, 2003; WERKEMA, 2012) | 54 |
| FIGURA 12 – ATIVIDADES, MÉTODOS E FERRAMENTAS DA FASE MELHORAR (ANTONY, 2006) | 54 |
| FIGURA 13 – ATIVIDADES, MÉTODOS E FERRAMENTAS DA FASE CONTROLAR (GEORGE, 2003; WERKEMA, 2012) | 55 |
| FIGURA 14 – JUNÇÃO DO <i>LEAN MAIS SIX SIGMA</i> (ASIF, 2019) | 58 |
| FIGURA 15 – OS CINCO PRINCÍPIOS DAS AUDITORIAS | 60 |
| FIGURA 16 – FASES DE UMA AUDITORIA PLANEADA | 61 |
| FIGURA 17 – ESPIRAL LAMINADA (A) E ARMADA (B) | 65 |
| FIGURA 18 – DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DA ESPIRAL ARMADA, NAS PLANETÁRIAS | 66 |
| FIGURA 19 – DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO NOS LAMINADORES | 66 |
| FIGURA 20 - DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO NO FABRICO ANTIGO | 67 |
| FIGURA 21 – DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO NAS MÁQUINAS CHINESAS | 67 |
| FIGURA 22 – DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO NO DUPLO PERFIL | 68 |
| FIGURA 23 – DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO NAS EXTRUSORAS | 68 |
| FIGURA 24 - DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO NAS MÁQUINAS DE CORTE DE ESPIRAL | 68 |
| FIGURA 25 – <i>PROJECT CHARTER</i> | 70 |
| FIGURA 26 – ÁRVORE CTQ | 70 |
| FIGURA 27 - SIPOC | 71 |
| FIGURA 28 – PLANO DE RECOLHA DE DADOS | 71 |
| FIGURA 29 – ESTUDO R&R | 72 |
| FIGURA 30 – NÚMERO DE BNC’S POR PRODUTO | 73 |
| FIGURA 31 – CAUSA DOS BNC’S | 73 |
| FIGURA 32 – ORIGEM DOS BNC’S | 73 |
| FIGURA 33 – REFERÊNCIAS DAS ESPIRAIS DA LISTA DE BNC’S | 75 |
| FIGURA 34 – DIAGRAMA DE <i>ISHIKAWA</i> | 76 |
| FIGURA 35 – CURVATURA DA ESPIRAL ARMADA | 77 |
| FIGURA 36 – DISPOSIÇÃO DA ESPIRAL NO CONTENTOR | 77 |
| FIGURA 37 - GUIAS | 77 |
| FIGURA 38 – CARATERÍSTICAS DA ESPIRAL LAMINADA 1260980130007C | 77 |
| FIGURA 39 – DIMENSÕES DA GUIA PARA A REFERÊNCIA 1260980130007C | 78 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 40 – LOCAL DE ARMAZENAMENTO DAS GUIAS | 78 |
| FIGURA 41 – DESGASTE NO BATENTE E NA GUIA | 78 |
| FIGURA 42 – TORÇÃO NO ARAME, NO FABRICO NAS MÁQUINAS CHINESAS | 79 |
| FIGURA 43 - TORÇÃO NO ARAME, NO FABRICO NAS MÁQUINAS DE CORTE DE ESPIRAL | 79 |
| FIGURA 44 – SISTEMA DE ARRASTE DA ESPIRAL | 79 |
| FIGURA 45 – INCUMPRIMENTO DO FIFO | 80 |
| FIGURA 46 – ARMAZENAMENTO DAS ESPIRAIS NAS RACKS | 80 |
| FIGURA 47 – CONDIÇÕES DA MÁQUINA MCDG000062, NO UAP3 | 81 |
| FIGURA 48 - RESULTADO DE UMA AUDITORIAS 5S NUMA MÁQ. CORTE DE ESPIRAL | 81 |
| FIGURA 49 – ACUMULAÇÃO DE RESÍDUOS NA TINA | 82 |
| FIGURA 50 – ESPIRAL LAMINADA OXIDADA | 82 |
| FIGURA 51 – PARÂMETROS DE CORTE DEFINIDOS | 82 |
| FIGURA 52 – MÉTODO DE MEDIÇÃO | 83 |
| FIGURA 53 – RÉGUA NA MÁQUINA DE CORTE DESAJUSTADA | 83 |
| FIGURA 54 – REFORMULAÇÃO DO LAYOUT | 84 |
| FIGURA 55 – CONTENTOR COM LIMITAÇÃO CENTRAL | 85 |
| FIGURA 56 – IMPLEMENTAÇÃO DE UM NOVO CONCEITO DE GUIA | 85 |
| FIGURA 57 – INSTRUÇÃO INTERNA PARA AJUDAR NA AFINAÇÃO DAS GUIAS | 86 |
| FIGURA 58 – INSTRUÇÃO DE <i>SETUP</i> PARA AS MÁQUINAS DE CORTE DE ESPIRAL | 87 |
| FIGURA 59 – BATENTE E SUPORTE SEM DESAGASTE | 87 |
| FIGURA 60 – IMPLEMENTAÇÃO DO SENSOR, NAS MÁQUINAS CHINESAS | 88 |
| FIGURA 61 – TAPETE ENDIREITADOR DA ESPIRAL | 88 |
| FIGURA 62 – INSTRUÇÃO INTERNA PARA O CUMPRIMENTO DO FIFO | 89 |
| FIGURA 63 – TINA PARA ACUMULAÇÃO DE RESÍDUOS | 90 |
| FIGURA 64 – CALCADOR PARA O SISTEMA DE MEDIÇÃO | 90 |
| FIGURA 65 – AJUSTE NAS MÁQUINAS DE CORTE DE ESPIRAL | 90 |
| FIGURA 66 – ESPIRAL <i>BRAIDED</i> (A) E CONSTITUIÇÃO DA ESPIRAL (B) | 91 |
| FIGURA 67 - DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DA ESPIRAL <i>BRAIDED</i> | 91 |
| FIGURA 68 – ESPIRAL <i>BRAIDED</i> COM O REVESTIMENTO QUEIMADO | 93 |
| FIGURA 69 – PLANO DE RECOLHA DE DADOS PARA A MONITORIZAÇÃO DO PROJETO | 94 |
| FIGURA 70 – GANHOS RELATIVAMENTE À QUANTIDADE E CUSTOS DAS ESPIRAIS DA REFERÊNCIA 1260980130007C | 95 |
| FIGURA 71 – NÚMERO DE BNC'S ATINGIDO | 95 |
| FIGURA 72 – GANHOS OBTIDOS | 95 |
| FIGURA 73 – PROCESSO DE COMUNICAÇÃO DAS AUDITORIAS 5S | 100 |
| FIGURA 74 – NOVO PROCESSO DO FLUXO DE COMUNICAÇÃO DAS AUDITORIAS 5S | 102 |
| FIGURA 75 – DESCRIÇÃO DA FUNÇÃO DOS INQUIRIDOS | 102 |
| FIGURA 76 – INQUÉRITO REFERENTE À SATISFAÇÃO DA FERRAMENTA DESENVOLVIDA | 103 |
| FIGURA 77 – QUESTÃO EXCLUSIVAS PARA O DIRETOR DE FÁBRICA E MELHORIA CONTÍNUA | 104 |
| FIGURA 78 - INQUÉRITO REFERENTE AO TRABALHO DESENVOLVIDO PELO ESTUDANTE | 104 |
| FIGURA 79 – KIT DE LIMPEZA | 105 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA I – DESCRIÇÃO DA FUNCIONALIDADE DE CADA UNIDADE DE PRODUÇÃO NA FICOCABLES, LDA. | 33 |
| TABELA II – GURUS DA QUALIDADE (DURET & PILLET, 2009; FONSECA, 1988; NEVES ET AL., 2018) | 38 |
| TABELA III – FERRAMENTAS DA QUALIDADE (GALDINO ET AL., 2016; MAICZUK ET AL., 2013; MONTGOMERY, 1985; ROLDÃO & RIBEIRO, 2007) | 40 |
| TABELA IV – EXEMPLOS DE APLICAÇÕES DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE | 40 |
| TABELA V – DIFERENÇA ENTRE PRODUÇÃO ARTESANAL E PRODUÇÃO EM MASSA (OHNO, 1988; PEREIRA ET AL., 2019; WOMACK ET AL., 1990) | 43 |
| TABELA VI – OS CINCO PRINCÍPIOS DO <i>LEAN</i> (FERNANDES ET AL., 2019; VIEIRA ET AL., 2021; WOMACK & JONES, 1987) | 44 |
| TABELA VII – FASES DO CICLO PDCA (GORENFLOR & MORAN, 2009) | 46 |
| TABELA VIII – FASES DO 5S (COSTA ET AL., 2018; FILIP & MARASCU-KLEIN, 2015; JIMÉNEZ ET AL., 2015) | 46 |
| TABELA IX – EXEMPLOS DE APLICAÇÕES DO <i>LEAN PRODUCTION</i> | 48 |
| TABELA X – INDICADORES DE <i>SIX SIGMA</i> (SLACK ET AL., 2010) | 51 |
| TABELA XI – APLICAÇÕES DA METODOLOGIA <i>SIX SIGMA</i> | 55 |
| TABELA XII – FATORES QUE DIFICULTAM A IMPLEMENTAÇÃO <i>SIX SIGMA</i> | 58 |
| TABELA XIII – FATORES DE SUCESSO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE <i>SIX SIGMA</i> | 58 |
| TABELA XIV – DIFERENÇAS ENTRE AUDITORIA INTERNA E AUDITORIA EXTERNA (FLOZINO & SILVÉRIO, 2014) | 59 |
| TABELA XV – RESULTADOS OBTIDOS NA FASE DE MEDIÇÃO | 74 |
| TABELA XVI – DEFINIÇÃO DAS AÇÕES DE MELHORIA, AVALIAÇÃO DO IMPACTO E ESTADO DE IMPLEMENTAÇÃO | 84 |
| TABELA XVII – IMPACTO DA UTILIZAÇÃO DE UM LIMITADOR CENTRAL NO CONTENTOR | 85 |
| TABELA XVIII – IMPACTO DAS NOVAS GUIAS | 86 |
| TABELA XIX - IMPACTO DA SUBSTITUIÇÃO DO BATENTE E DO SUPORTE | 87 |
| TABELA XX – IMPACTO DA IMPLEMENTAÇÃO DO SENSOR NAS MÁQUINAS CHINESAS | 88 |
| TABELA XXI – IMPACTO DOS DIFERENTES TIPOS DE FORNECEDORES DE ARAME | 89 |
| TABELA XXII – PROPRIEDADES DOS MATERIAIS ANALISADOS (PETERS, 2002) | 92 |
| TABELA XXIII – CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS ANALISADOS (ASHBY & JOHNSON, 2002) | 92 |
| TABELA XXIV – POTÊNCIA DE CADA TIPO DE CORTE | 93 |

ÍNDICE

| | | |
|-----------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 29 |
| 1.1 | Enquadramento do Trabalho | 29 |
| 1.2 | Objetivos do Trabalho | 30 |
| 1.3 | Metodologia de Investigação | 30 |
| 1.4 | Conteúdo e Organização da Dissertação | 31 |
| 1.5 | Apresentação da empresa | 31 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 37 |
| 2.1 | Qualidade | 37 |
| 2.1.1 | Gestão da Qualidade | 37 |
| 2.1.2 | Ferramentas da Qualidade | 39 |
| 2.1.3 | Exemplos de aplicação das ferramentas da qualidade | 40 |
| 2.2 | Lean Six Sigma | 42 |
| 2.2.1 | <i>Lean Production</i> | 42 |
| 2.2.1.1 | Origem do <i>Lean Production</i> | 42 |
| 2.2.1.2 | Princípios do <i>Lean Production</i> | 44 |
| 2.2.1.3 | Os desperdícios | 45 |
| 2.2.1.4 | Principais ferramentas do <i>Lean Production</i> | 46 |
| 2.2.1.4.1 | Ciclo PDCA | 46 |
| 2.2.1.4.2 | 5S..... | 46 |
| 2.2.1.4.3 | <i>Kaizen</i> | 47 |
| 2.2.1.5 | Exemplos de aplicação do <i>Lean Production</i> | 48 |
| 2.2.2 | <i>Six Sigma</i> | 50 |
| 2.2.2.1 | Origem do <i>Six Sigma</i> | 50 |
| 2.2.2.2 | Metodologia DMAIC | 52 |
| 2.2.2.2.1 | Fase Definir | 52 |
| 2.2.2.2.2 | Fase Medir..... | 53 |
| 2.2.2.2.3 | Fase Analisar | 54 |
| 2.2.2.2.4 | Fase Melhorar | 54 |
| 2.2.2.2.5 | Fase Controlar | 55 |
| 2.2.2.3 | Exemplos de Aplicação | 55 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 2.2.3 | <i>Lean Six Sigma</i> | 57 |
| 2.3 | Auditorias | 59 |
| 3 | OTIMIZAÇÃO DA QUALIDADE DO PRODUTO NO CORTE DE ESPIRAL | 65 |
| 3.1 | Caracterização do produto e do processo produtivo | 65 |
| 3.2 | Fase Definir | 69 |
| 3.2.1 | Definição do projeto | 69 |
| 3.2.2 | Diagrama de SIPOC | 70 |
| 3.3 | Fase Medir | 71 |
| 3.3.1 | Plano de recolha de dados | 71 |
| 3.3.2 | Análise do sistema de medição | 72 |
| 3.3.3 | Medição do estado atual | 72 |
| 3.4 | Fase Analisar | 75 |
| 3.4.1 | Análise dos dados e do processo | 75 |
| 3.4.2 | Outras observações realizadas | 81 |
| 3.5 | Fase Melhorar | 83 |
| 3.5.1 | Definição e implementação das ações de melhoria | 83 |
| 3.5.2 | Futuro trabalho de investigação | 91 |
| 3.6 | Fase Controlar | 94 |
| 3.6.1 | Plano de ações | 94 |
| 3.6.2 | Ganhos obtidos | 95 |
| 4 | ATIVIDADES DE MELHORIA CONTÍNUA | 99 |
| 4.1 | Otimização do fluxo de comunicação das Auditorias Externas 5S | 99 |
| 4.1.1 | Descrição do estado atual | 99 |
| 4.1.2 | Apresentação da solução implementada | 100 |
| 4.1.3 | Ganhos obtidos | 102 |
| 4.2 | Standardização | 105 |
| 5 | CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS | 109 |
| 5.1 | CONCLUSÕES | 109 |
| 5.2 | PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS | 109 |
| 6 | BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO | 113 |
| 7 | ANEXOS | 125 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 7.1 | Anexo 1 - Resultados Obtidos por referência na fase de Medir | 125 |
| 7.2 | Anexo 2 – Resultados obtidos nos testes na fase de análise..... | 169 |
| 7.3 | Anexo 3 – Ações e resultados das implementações de melhoria..... | 178 |
| 7.4 | Anexo 4 - Auditorias 5S..... | 199 |
| 7.4.1 | Menu para a análise das Auditorias 5S | 199 |
| 7.4.2 | Exemplo de análise de forma geral às UAP's..... | 200 |
| 7.4.3 | Exemplo de análise de resultados para cada área | 201 |
| 7.4.4 | Pódio para a zona de Armazéns e Oficinas..... | 201 |
| 7.5 | Anexo 5 – Inquérito de Satisfação da Ferramenta 5S..... | 202 |
| 7.6 | Anexo 6 – Desenho 2D do kit de limpeza | 204 |

INTRODUÇÃO

- 1.1 Enquadramento do Trabalho
- 1.2 Objetivos do Trabalho
- 1.3 Metodologia de Investigação
- 1.4 Conteúdo e Organização da Dissertação

1 INTRODUÇÃO

No primeiro capítulo deste trabalho, é realizada uma contextualização ao trabalho, definiu-se os objetivos deste trabalho e a metodologia de investigação utilizada. Para finalizar este capítulo, refere-se a estrutura do presente relatório e caracteriza-se a empresa onde foi realizado o estágio.

1.1 Enquadramento do Trabalho

A produção automóvel, de ano para ano, tem vindo a evoluir constantemente, devido à inovação na tecnologia dos processos de fabrico, provocando melhor qualidade no produto, menor desperdício e reconhecimento pelas organizações. Por sua vez, tem provocando uma incrementação de negócio e as vendas tem evoluído favoravelmente ao longo dos anos.

Na produção automóvel pode-se englobar três grandes grupos: fabrico de moldes, fabrico de componentes automóveis e por fim, fabrico e montagem de viaturas. Destes três grandes grupos, o que mais se destaca na produção automóvel é o fabrico de componentes, sendo estes produtos os mais competitivos a nível europeu, correspondendo a uma exportação de 84% em Portugal.

Com um nível de exportação tão elevado, a exigência e a qualidade é um fator fundamental, o que faz com que nos últimos anos o desenvolvimento de técnicas e a necessidade de melhorar e criar novos processos têm vindo a ser crucial, para não perder a competitividade e as exportações a nível europeu.

A empresa FicoCables dedica-se à fabricação de componentes automóveis e face a esta constante evolução a nível europeu têm vindo a investir na implementação de melhorias e a criar processos que acompanhem a evolução tecnológica. Neste sentido, este projeto incidiu no estudo e melhoria do processo de corte de espiral, utilizadas nos sistemas de transmissão de movimento e conforto, como cabo de travão, elevadores de janela, cabo de porta, entre outros. As peças não conformes e o desperdício de componentes é um fator negativo que limita a organização e a faz recuar, não acompanhando o crescimento a nível nacional. Este fator negativo deve-se à falta de precisão nas máquinas de corte de espiral, o que não origina a satisfação das necessidades e expectativas do cliente, quando o produto chega ao mercado. Por este motivo, é essencial diminuir os desperdícios existentes numa organização, para tal, este projeto apoiou-se na metodologia *Lean Six Sigma*.

O *Lean Six Sigma* surgiu com o objetivo de auxiliar as organizações a diminuir os desperdícios e a reduzir a variabilidade dos processos. A metodologia *Lean* tem como finalidade eliminar os desperdícios e a metodologia *Six Sigma* visa, através de ferramentas estatísticas, avaliar a capacidade de um processo. Pode-se dizer que a junção das duas metodologias, permite à organização produzir com elevada qualidade e com custos reduzidos, devido à eliminação dos desperdícios.

1.2 Objetivos do Trabalho

O presente trabalho está dividido em dois objetivos, tendo como objetivo principal o estudo da capacidade das máquinas de corte de espiral, identificando as causas e implementando melhorias para reduzir o número de não conformidades pela falta do cumprimento de especificação, utilizando a metodologia *Lean Six Sigma*. Assim, para o primeiro objetivo é necessário realizar uma divisão em fases:

- Realizar uma investigação sobre os conhecimentos teóricos para o desenvolvimento do projeto;
- Definir o problema em estudo, os objetivos e os requisitos dos clientes;
- Realizar o diagnóstico do estado atual da capacidade das máquinas;
- Analisar os dados tendo por base ferramentas estatísticas, com recurso ao *software Minitab* versão 19.2020.1;
- Identificar as causas raiz do problema;
- Identificar e implementar soluções, com o objetivo de melhorar o desempenho;
- Controlar a melhoria dos processos.

O segundo objetivo englobe atividades de melhoria contínua, nomeadamente a criação de uma ferramenta, em MS Excel®, para melhorar a comunicação e analisar os resultados das auditorias de 5S. Esta ferramenta permite analisar as diversas áreas, sob forma global e individual, atuar, implementar melhorias em cada uma delas. Outra atividade de melhoria desenvolvida neste trabalho é o processo de *standardização* da fábrica, com a finalidade de uniformizar os processos, os equipamentos e ferramentas.

1.3 Metodologia de Investigação

Inicialmente realizou-se uma pesquisa aprofundada em artigos científicos e livros sobre os temas fundamentais para o desenvolvimento deste projeto. Com este estudo adquiriu-se os conhecimentos sobre a metodologia *Lean Six Sigma* e distinguiu-se os pontos fundamentais desta metodologia, as ferramentas que são úteis e as vantagens das suas aplicações.

Neste trabalho, abordou-se o ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), de modo, a melhorar a qualidade do processo. Na primeira fase do projeto (*Define*), definiu-se o problema com o recurso ao *Project Charter* e à árvore CTQ (*Critical to Quality*). Nesta mesma fase, realizou-se o planeamento do projeto através do gráfico de *Gantt* e construiu-se o mapeamento do processo através do diagrama SIPOC (*Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customer*). Na segunda fase (*Measure*), recolheu-se os dados e analisou-se o desempenho atual do processo. Na terceira fase (*Analyse*), utilizou-se as ferramentas de qualidade para determinar as causas raízes do problema. Na quarta fase (*Improve*), implementou-se as ações de melhoria. Por fim, na última fase (*Control*), realizou-se monitorizar o processo e observou-se o impacto das ações tomadas.

No caso de estudo da criação da ferramenta para a melhoria da análise e comunicação dos resultados das auditorias externas 5S, a metodologia que se usou é composta pelas seguintes tarefas:

- Levantamento do estado inicial do processo;
- Identificação da informação essencial para a ferramenta;
- Desenvolvimento da ferramenta;
- Divulgação pela organização da nova ferramenta, levantamento e implementação de possíveis melhorias;
- Colocação em prática da ferramenta implementada.

Para o processo de standardização da fábrica, realizou-se uma investigação do estado inicial da organização, questionou-se os trabalhadores das várias unidades de produção sobre possíveis melhorias a implementar e começou-se a desenvolver o processo de standardização da fábrica.

1.4 Conteúdo e Organização da Dissertação

O presente relatório encontra-se dividido em sete capítulos.

O primeiro capítulo, intitulado “Introdução”, permite dar a conhecer ao leitor a contextualização deste trabalho, os objetivos, a metodologia aplicada, a estrutura do relatório e a caracterização da empresa no qual decorreu a realização do projeto.

O segundo capítulo, intitulado “Revisão Bibliográfica”, aborda os conhecimentos teóricos fundamentais para o desenvolvimento do projeto.

No terceiro capítulo, intitulado “Otimização da qualidade do produto no corte de espiral”, apresenta o projeto e o desenvolvimento nas várias fases do ciclo DMAIC.

O quarto capítulo, designado por “Atividades de melhoria contínua”, dá ênfase ao desenvolvimento de uma ferramenta que permite analisar os resultados das auditorias 5S e ao processo de *standardização* da fábrica.

O quinto capítulo, denominado por “Conclusões e propostas de trabalhos futuros”, apresenta as conclusões do trabalho realizado, bem como os principais contributos e propostas para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

Nos últimos dois capítulos consta a bibliografia, outras fontes de informação e os anexos.

1.5 Apresentação da empresa

FICOSA, Lda.

Em 1949, Jopen Maria Pujol e Josep Maria Tarragó fundaram uma oficina que se dedicava à fabricação de cabos mecânicos, em Barcelona, denominada por “Pujol i Tarragó”. Em 1987, modificou-se o nome para Ficosa Internacional. Hoje em dia, é uma empresa multinacional líder que fabrica e comercializa componentes e sistemas para o sector automóvel. Atua em 16 países da Europa, América do Norte, América do Sul e Ásia. Na Figura 1, encontra-se representada a expansão desta empresa.



Figura 1 – Presença Global da Ficosa (Ficosa, 2021)

Por volta de 2016, foi criado um programa FIT (*Ficosa Improvement Transformation*), com a finalidade de melhorar os processos produtivos e os produtos do grupo FICOSA, de modo a:

- Identificar problemas e oportunidades de melhoria;
- Definir planos de médio e longo prazo;
- Transformar maus em bons hábitos;
- Apoiar e executar projetos, *workshops* e outras atividades de melhoria contínua.

O programa FIT é visto sob a forma de uma casa, onde o seu fundamento é representado pelos especialistas, funcionários e gestores empenhados na melhoria contínua, e é estruturado sob três pilares: luta contra o desperdício e variação, ideias e oportunidades; transparência e foco.

Os projetos em torno do programa FIT encontram-se relacionados com o *Lean Six Sigma*. Para tal, é necessário realizar uma formação com o objetivo de dar a conhecer as ferramentas relacionadas com o *Lean Six Sigma*.

FicoCables, Lda.

A FicoCables, Lda. é uma empresa portuguesa, criada em 1971 que fabricava pequenos componentes da indústria automóvel. Inicialmente, denominava-se por “Teledinâmica”. Devido à sua expansão, alargaram as suas instalações e em 1981 mudaram-se para a Maia, e em 1993, renomearam o nome da empresa, passando a chamar-se “FicoCables, Lda”.

A FicoCables aposta em duas grandes áreas de negócio, sendo elas:

- Sistemas de porta e assentos – Dedicam-se à produção de cabos de transmissão de movimento, como cabos para elevadores de janela, regulação lombar do assento, sistemas para a inclinação do banco, travão, abertura de porta, *capot*, mala, entre outros;
- Sistemas de conforto – Destinam-se à produção de sistemas lombares de conforto, incorporados nos assentos (*cushion*) e nas costas dos bancos (*suspension mat*).

A FicoCables é composta por cinco unidades autónomas de produção (UAP). Na Tabela I, encontram-se descritas as unidades.

Tabela I – Descrição da funcionalidade de cada unidade de produção na FicoCables, Lda.

| UAP | Descrição |
|-------|---|
| UAP 1 | Preparação e fabricação de espiral, revestimento de cabo e arame. |
| UAP 2 | Linhas de montagem de pequenas séries, injeção de plástico, corte de cabo, corte de tubo exterior; 1ª injeção de zamak ou <i>robocops</i> . |
| UAP 3 | Linhas de montagem de grandes séries, corte de cabo, corte de tubo exterior, sobreinjeção de plástico; 1ª injeção de zamak ou <i>robocops</i> . |
| UAP 4 | Linhas de montagem para sistemas de conforto; conformação de arame; injeção de plástico. |
| UAP 5 | Linhas de montagem de produtos em fim de vida. |

A empresa organiza-se por vários departamentos, sendo que o projeto de estágio se enquadra no departamento de melhoria contínua.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Qualidade

2.2 Lean Six Sigma

2.3 Auditorias

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, pretende-se apresentar um enquadramento teórico que está subjacente às metodologias usadas para a resolução do problema colocado para este projeto. Inicialmente, foca-se na qualidade e nas suas ferramentas. Seguidamente, aborda-se o tema do *Lean Six Sigma*. Para finalizar, realiza-se neste projeto uma pequena abordagem às auditorias.

2.1 Qualidade

Ao longo deste subcapítulo, irão ser abordados o tema da gestão da qualidade e das principais ferramentas da qualidade.

2.1.1 Gestão da Qualidade

Desde o início do século XX que o termo qualidade está presente nas organizações, sendo que ao longo dos anos, ocorreu uma evolução. Inicialmente, focava-se no produto e na produção, hoje em dia, aborda-se o conceito de qualidade tendo em conta o valor do produto para o cliente (Figura 2) (Chakraborty & Chuan, 2012; Roldão & Ribeiro, 2007).

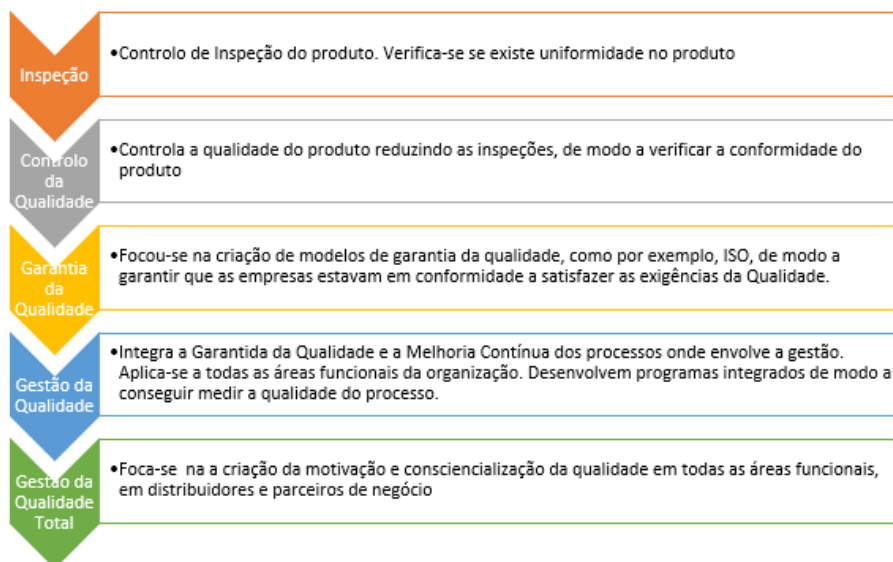


Figura 2 – Evolução da Qualidade (Chakraborty & Chuan, 2012; Roldão & Ribeiro, 2007)

Não existe um conceito de qualidade único. Qualidade define-se perante a necessidade ou expectativa que um cliente tem face a um determinado produto ou serviço, ou seja, um determinado produto para um cliente pode satisfazer todas as suas necessidades e ser um produto com qualidade, enquanto que para outro cliente, este mesmo produto poderá estar aquém das suas expectativas/necessidades (Maiczuk et al., 2013).

Segundo a *International Organization for Standardization* (2015), qualidade é definida pelo “grau de satisfação de requisitos dado por um conjunto de características intrínsecas de um objeto”.

Tendo como base Rungtusanatham (1999), David Garvin definiu qualidade como uma ligação entre categorias, denominando-as por “dimensão da qualidade” (Figura 3).



Figura 3 – Definição de Qualidade tendo por base as “Dimensões da Qualidade” (Rungtusanatham, 1999)

Ao longo da evolução da qualidade, houve várias personalidades, designados por “Gurus da Qualidade” que se destacaram, que criaram princípios e ferramentas, de modo a contribuir para a melhoria de um sistema (Tabela II).

Tabela II – Gurus da Qualidade (Duret & Pillet, 2009; Fonseca, 1988; Neves et al., 2018)

| Autores | Definição de Qualidade | Contribuição |
|-----------------|---|---|
| <i>Deming</i> | “Grau de uniformidade e dependência previsível, a um custo baixo e adequado ao mercado”. | Envolvimento da Gestão de Topo; Aprofundou o Ciclo PDCA (<i>Plan, Do, Check, Act</i>), criado pelo <i>Shewhart</i> ; Melhoria Contínua. |
| <i>Juran</i> | Adaptação ao uso, tendo em conta a funcionalidade. | Trilogia da Qualidade (Planeamento, Controlo e Melhoria); Envolvimento da Gestão de Topo; Medição dos Custos da Qualidade; Diagrama de Pareto. |
| <i>Crosby</i> | Produto tem que respeitar os padrões estabelecidos pela gestão de topo, para os quais, estes padrões têm que corresponder às necessidades dos clientes. | Envolvimento da Gestão de Topo; Defende que a produção deve atingir zero defeitos; Realça que deve-se promover a prevenção de um sistema, em vez de se inspecionar. |
| <i>Ishikawa</i> | Satisfação das exigências do cliente. | Diagrama de Causa-Efeito; Círculos da Qualidade; Envolvimento da Gestão de Topo. |
| <i>Taguchi</i> | Baixa variação do desempenho de um processo ou produto, com vista ao objetivo. | Conceito de definição de perda; Métodos Experimentais de Planeamento de Experiências. |

Todas as organizações desejam qualidade no produto final, sejam elas na área da produção ou serviços. Para atingir a qualidade desejada, é necessário percorrer um conjunto de etapas bem definidas, promovendo assim a gestão da qualidade. Segundo a *International Organization for Standartization* (2015), as organizações para atingir uma excelente gestão da qualidade e destacarem-se no mundo empresarial, é essencial seguir os sete princípios da qualidade (Figura 4). Estes princípios da qualidade, devem aplicar-se a todas as organizações e aos seus colaboradores, de modo a obterem um elevado nível de eficiência, promoverem a melhoria contínua e a satisfação do cliente.



Figura 4 – Os sete princípios da qualidade (International Organization for Standartization, 2015)

2.1.2 Ferramentas da Qualidade

Para a melhoria contínua da qualidade, é crucial o trabalho em equipa e o envolvimento de toda a organização. Além disso, o uso de algumas ferramentas da qualidade, podem ajudar a analisar os dados e a compreender a causa dos problemas que podem estar a prejudicar o processo ou produto. Para a resolução do problema, é necessário identificá-lo, verificar as causas, implementar os planos de ação, tendo em conta factos, e por fim, avaliar os efeitos das ações. As ferramentas da qualidade podem ser aplicadas em todas as fases da produção, desde o desenvolvimento até ao *marketing* do produto (Paliska et al., 2007).

Existe uma grande variedade de ferramentas da qualidade, porém existem sete ferramentas que são consideradas básicas para a qualidade, sendo elas, Fluxograma, Diagrama de Pareto, Folha de Verificação, Cartas de Controlo, Histograma, Gráfico de Dispersão e Diagrama de Causa-Efeito (Soković et al., 2009).

Através da utilização das ferramentas da qualidade, contribui-se para uma maior produtividade e redução de perdas, alcançando-se assim a excelência de um processo ou produto (Paliska et al., 2007).

Na Tabela III, encontram-se abordadas as ferramentas da qualidade mais relevantes para este projeto, nomeadamente, fluxograma, histograma, diagrama de *Ishikawa* e diagrama de Pareto. No entanto, abordou-se o *box plot* e a capacidade do processo igualmente como ferramentas da qualidade.

Tabela III – Ferramentas da Qualidade (Galdino et al., 2016; Maiczuk et al., 2013; Montgomery, 1985; Roldão & Ribeiro, 2007)

| Ferramenta | Descrição |
|---|---|
| Fluxograma | O Fluxograma é um diagrama que permite analisar um processo e é representado por uma sequência de acontecimentos ordenados, de uma forma simples e de fácil visualização. |
| Histograma | O Histograma é uma representação gráfica sobre a forma de barras paralelas de valores medidos de uma determinada grandeza. Este gráfico tem como finalidade avaliar a dispersão, a variabilidade do processo, verificar se os dados estão distribuídos seguindo uma distribuição normal, e se os dados se encontram a cumprir com as especificações do cliente. Através desta ferramenta, pode-se obter medidas de tendência central, tais como, média, moda e a mediana. |
| <i>Box Plot</i> ou Caixa de Bigodes | O <i>Box Plot</i> é uma ferramenta gráfica que permite estudar a distribuição de um conjunto de dados e a sua variação. |
| Diagrama de Causa-Efeito ou Espinha de Peixe ou Diagrama de <i>Ishikawa</i> | O Diagrama de Causa-Efeito é um gráfico que visualmente agrupa as causas que estão na origem de um efeito, de modo a compreender as razões que justificam o resultado obtido. As causas estão divididas em várias categorias. Geralmente, usa-se o conceito dos 6M: Medição, Material, Máquina, Meio Ambiente, Mão-de-Obra e Método. |
| Diagrama de Pareto | O Diagrama de Pareto tem como finalidade priorizar os problemas que necessitam mais atenção para serem resolvidos. |
| Capacidade do processo | Analisar a aptidão do processo, estatisticamente, verificando se é capaz de produzir dentro das especificações propostas pela organização e pelo cliente, isto é, verificar se os produtos produzidos se encontram dentro dos limites de especificação superior (LSE) e inferior (LIE), analisando a variabilidade do processo. |

2.1.3 Exemplos de aplicação das ferramentas da qualidade

Na literatura que aborda a qualidade, encontram-se vários projetos onde são abordadas ferramentas da qualidade, juntamente com outras metodologias, nomeadamente, *Lean* e *Six Sigma*. Na Tabela IV, encontram-se presentes alguns projetos.

Tabela IV – Exemplos de aplicações das ferramentas da qualidade

| Referências Bibliográficas | Descrição do trabalho |
|------------------------------|--|
| (Silva et al., 2018) | Este estudo realiza-se numa empresa de fundição de alta pressão de peças estéticas, tendo como finalidade diminuir o número de operações de acabamento. Desenvolveu-se um diagrama de <i>Ishikawa</i> , de modo, a compreenderem quais as causas que levavam à falta de qualidade na superfície da peça de liga Zamak. |
| (Choomlucksana et al., 2015) | Este estudo incidiu no processo de estampagem de chapa metálica. Desenvolveu-se um diagrama de <i>Ishikawa</i> , com o objetivo de identificar as causas que estão relacionadas com o excesso de movimentos no |

| | |
|-------------------------|--|
| | processo de rebarbar. Após aplicação de ferramentas <i>Lean</i> , reduziu-se o número de movimentos em 66,53%. |
| (Costa et al., 2017) | Neste trabalho aplicou-se o ciclo DMAIC e, na fase de análise, aplicou-se o diagrama de <i>Ishikawa</i> , de forma a compreender as causas para a não conformidade dos produtos que resultam do processo de extrusão de borracha. Com este estudo, reduziu-se em 0,89% material não conforme. |
| (Rocha et al., 2018) | O objetivo principal deste trabalho consistia em melhorar o processo de gestão e produção de uma empresa relacionada com a indústria joalheira. Após a implementação das melhorias, desenvolveu-se um fluxograma que demonstra o processo de gestão, desde o momento em que recebem o produto até à entrega ao cliente. |
| (Lenort et al., 2017) | Este projeto realizou-se numa empresa produtora de automóveis, com o objetivo de encontrar soluções ecológicas para minimizar as emissões de CO ₂ . Para tal, recorreu-se ao diagrama de <i>Ishikawa</i> para encontrar as possíveis causas para a elevada emissão de dióxido de carbono. |
| (Monteiro et al., 2019) | Este estudo realizou-se numa empresa metalúrgica, com o objetivo de melhorar o processo produtivo de maquinaria. Realizou-se um fluxograma, para visualizar o processo em estudo. |
| (Bloj et al., 2020) | Este estudo incidiu sobre um departamento de <i>Call Center</i> , na empresa que presta serviços de energia. Realizou-se um estudo de capacidade do processo com a finalidade de verificar se a duração da chamada está dentro dos limites de especificação. Com a análise da capacidade, verificou-se que a duração da chamada era superior ao limite de especificação superior. |
| (Pugna et al., 2016) | Este projeto realizou-se com o objetivo de melhorar o processo de montagem numa empresa da indústria automóvel. Aplicou-se a metodologia DMAIC, sendo que na fase medir, se realizavam as cartas de controlo, de modo a verificar se o processo se encontrava estável. Na fase analisar, utilizou-se um diagrama de <i>Ishikawa</i> , que visam identificar as causas para a falta de cumprimento da altura do rebite. |
| (Santos et al., 2018) | Este projeto realizou-se numa empresa de fabricação de autocarros, com o objetivo de melhorar os indicadores de custos de qualidade. Aplicou-se o ciclo PDCA e, na fase de planeamento, aplicou-se o diagrama de <i>Ishikawa</i> , de modo a identificar as atividades que contribuem para a fraca qualidade. |
| (Neves et al., 2018) | O estudo realizou-se numa empresa relacionada com a indústria têxtil, com o intuito de identificar e eliminar os desperdícios ao longo do processo de tecelagem. Para tal, realizou-se o diagrama de <i>Ishikawa</i> . Neste estudo usou-se o fluxograma, de forma a analisar o processo produtivo. Com este estudo, conseguiu-se aumentar 10% no tempo útil disponível por operador. |
| (Ahmad et al., 2017) | O objetivo deste trabalho focou-se na redução de tempos de <i>setup</i> nos processos de corte de compósitos. Desenvolveu-se um diagrama de |

| | |
|-------------------------------|--|
| | <i>Ishikawa</i> onde identificaram as causas para tempos de <i>setup</i> longos. Após adotarem ações corretivas, reduziram 44% o tempo total de <i>setup</i> . |
| (Tavares et al., 2018) | Este estudo foi realizado numa empresa relacionada com a indústria têxtil, e teve como principal objetivo identificar as variáveis que influenciavam o desempenho do branqueamento em tecidos de 100% algodão. Para tal, recorreu-se ao diagrama de causa-efeito, para compreender quais as possíveis causas. |
| (Chandrasekaran et al., 2019) | Este projeto foi desenvolvido na área de fundição, onde teve como objetivo a redução da sucata das peças fundidas. Neste projeto foi utilizado o diagrama de <i>Ishikawa</i> onde determinaram as causas e efeitos do problema. Após a implementação de ações de melhorias conseguiram diminuir a percentagem de defeito de 14% para 9%. |
| (Silva et al., 2020) | Este trabalho teve como objetivo identificar as principais falhas detetadas nos terminais elétricos, utilizados na indústria automóvel. Utilizou-se ao diagrama de Pareto com a finalidade de ordenar os diferentes tipos de defeitos e o diagrama de causa-efeito para determinar as principais causas-raíz dos defeitos. |

Perante os exemplos de aplicação mencionados anteriormente, concluiu-se que as ferramentas da qualidade ajudem a contribuir para o sucesso de uma organização.

2.2 *Lean Six Sigma*

Este subcapítulo foca-se no tema do *Lean Six Sigma*. Inicialmente, aborda-se o tema do *Lean Production*, especificando a sua origem, os princípios, desperdícios e as principais ferramentas relacionadas com o *Lean Production*. Seguidamente, são expressos os conhecimentos teóricos relacionados com o *Six Sigma*, bem como, a sua origem e a metodologia DMAIC. Para finalizar, apresenta-se a junção do *Lean Six Sigma* e mencionam-se os exemplos de aplicação.

2.2.1 *Lean Production*

2.2.1.1 *Origem do Lean Production*

A *Toyota*, situada no Japão, nos anos 50, após a Segunda Guerra Mundial, encontrava-se em decadência, devido à forte competitividade por parte dos EUA. Em contraposição com a produção artesanal utilizada pela maioria das empresas europeias após a Primeira Guerra Mundial, Henry Ford, nos Estados Unidos da América, impulsionou a produção em massa (Correira et al., 2018). A produção em massa destaca-se da produção artesanal, em diversas características (Tabela V).

Tabela V – Diferença entre Produção Artesanal e Produção em Massa (Ohno, 1988; Pereira et al., 2019; Womack et al., 1990)

| Caraterísticas | Produção Artesanal | Produção em Massa |
|-----------------|--|------------------------------------|
| Tipo de produto | Produtos individuais | Produtos <i>standard</i> |
| Produtividade | Baixa produtividade com custo elevado | Alta produtividade com custo baixo |
| Equipamentos | Simple e flexíveis | Elevados custos e pouco flexíveis |
| Mão-de-Obra | Trabalhadores com elevada qualificação | Trabalhadores pouco qualificados |

Face a esta situação, dois engenheiros da *Toyota Motor Corporation*, Eji Toyoda e Taiichi Ohno, tentaram reproduzir o conceito que Ford adotou à sua empresa. No entanto, chegaram à conclusão que copiar este modelo não iria ser fácil, pois o mercado japonês era exigente e requeria flexibilidade, baixo custo e elevada qualidade, com *lead time* reduzido (Sousa et al., 2018). Deste modo, criaram o *Toyota Production System* (TPS), por volta de 1940, sendo que em 1990, Womack, Jones e Roos relataram este sistema no livro “*The Machine That Changed The World*”, como sistema *Lean Production* (Rosa et al., 2017; Womack et al., 1990).

O *Lean Production*, em português, é conhecido por “Produção Magra”, por querer fazer mais com menos, isto é, maximizar o valor para o cliente, utilizando menos desperdício (Alefari et al., 2017). O *Lean* tenta reduzir os recursos, sendo eles: esforço humano, espaço de produção, investimento em ferramentas e tempo para o desenvolvimento de novos produtos. O *Lean* tenta alcançar a perfeição, realçando os custos baixos, zero defeitos, baixo inventário e alta variedade de produtos (Womack et al., 1990). Fujio Cho esquematizou o TPS sob a forma de uma casa, de modo a que a aprendizagem do TPS fosse mais clara e simples para todas as empresas (Figura 5) (Liker, 2004). Esta simbologia deve-se ao facto de o sistema *Lean* ter que ser forte e resistente como uma casa (Liker, 2004).

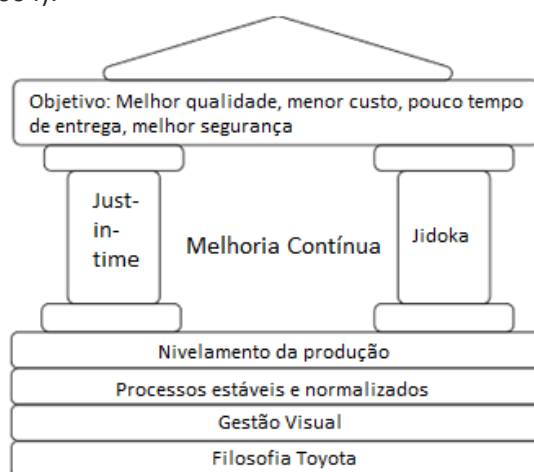


Figura 5 – Estrutura do Sistema de Produção da Toyota (Fernandes et al., 2019)

O TPS, no telhado, descreve como se deve responder às necessidades dos clientes, isto é, com melhor qualidade, no menor tempo possível e com menor custo, de modo a proporcionar uma maior segurança, motivação e moral dos seus colaboradores. Como pilares, a casa tem o *Just-in-Time* (JIT) e o *Jidoka*. O JIT defende a entrega do material certo, no momento certo, e na quantidade certa. Sendo assim, origina o mínimo de *stock* ao longo da cadeia de valor (Ohno,

1988). O pilar *Jidoka*, significa fornecer às máquinas e aos operadores a habilidade de detetar quando uma condição anormal ocorre. Como base, tem os processos estáveis e normalizados, a produção nivelada, a gestão visual de forma a envolver todos os colaboradores, e conhecimento da filosofia da *Toyota*. No centro da casa *Toyota*, promove-se a melhoria contínua baseada no envolvimento de todos os colaboradores da empresa e o trabalho em equipa, de forma a identificar com mais facilidade os problemas, o que de certa forma permitirá uma redução de desperdícios (Liker, 2004).

Os clientes encontram-se em mudança, e cada vez mais exigem produtos com maior qualidade a baixo custo. As empresas tornam-se cada vez mais competitivas, devido à globalização e à constante inovação na tecnologia. Por este motivo, as empresas sentem-se obrigadas a adotar medidas para permanecerem ativas. Ao longo dos anos as empresas têm aderido ao *Lean*, alcançando sucesso através desta filosofia (Agrahari et al., 2017; Rosa et al., 2017).

2.2.1.2 Princípios do *Lean Production*

O sistema TPS, ao longo dos anos, foi evoluindo até ao fortalecimento do sistema. Womack & Jones (1987), identificaram cinco princípios da filosofia *Lean*. Os princípios do *Lean* têm como objetivo eliminar os desperdícios, convertendo-os em valor, promovendo a redução dos custos, que, por sua vez, aumenta os lucros e melhora os processos produtivos (Al-Aomar, 2011; Rosa et al., 2018). O valor pode ser dimensionado usando quatro métricas: qualidade, *lead time*, custo e nível de serviço (Dias et al., 2019). Os parâmetros qualidade e nível de serviço devem ser os melhores possíveis, ao contrário do *lead time* e do custo (Naylor et al., 1999). Quanto maior for esta proporção, maior será o valor gerado. Os clientes não são os únicos que saem favorecidos com o valor criado pela organização. Para tal, existe o conceito de *stakeholders*, que consiste num grupo de partes interessadas que demonstram interesse, direto ou indireto, pelos processos e resultados da empresa, sendo elas: acionistas, investidores, sociedade e governo, entre outras. Na Tabela VI, constam os cinco princípios do *Lean*.

Tabela VI – Os cinco princípios do *Lean* (Fernandes et al., 2019; Vieira et al., 2021; Womack & Jones, 1987)

| Princípio <i>Lean</i> | Designação |
|------------------------------|--|
| Identificar o valor | Tem como objetivo ir ao encontro das necessidades do cliente, criando um produto ou serviço, o qual, o cliente está disposto a pagar. A criação de valor tem como finalidade eliminar as atividades que não geram valor, focando-se nas atividades que são essenciais. |
| Definição da cadeia de valor | Consiste em realizar um mapeamento do processo para a produção de um bem ou serviço, de modo a satisfazer as expectativas e necessidades de um cliente, identificando as atividades de valor acrescentado. |
| Otimização do fluxo | Criar um fluxo contínuo, o qual não seja interrompido por desvios ou esperas, obtendo-se assim uma produção mais eficiente, com menos esperas e <i>stocks</i> . |
| Sistemas de Produção Pull | Tem como finalidade eliminar os excessos e produzir somente quando o cliente solicitar. |
| Perfeição | Estar em constante melhoria contínua, uma vez que as necessidades/interesses dos clientes estão em constante evolução e |

mudança ao longo do tempo. Então, deve-se otimizar os processos, eliminando todas as atividades que não acrescentam valor.

2.2.1.3 Os desperdícios

Desperdício, pode ser designado por muda, palavra japonesa que significa as atividades que não acrescentam valor (Azevedo et al., 2019; Vieira et al., 2019). Existem dois tipos de atividades no processo produtivo: as de valor acrescentado e as de não valor acrescentado. Estas últimas atividades são as que devem ser eliminadas (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014). O TPS define que os desperdícios podem ser classificados em sete vertentes, sendo elas (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014; Mostafa & Dumrak, 2015; Pombal et al., 2019):

- Defeitos: estão na origem dos problemas de não qualidade, como por exemplo, sucata, peças danificadas e mal montadas. Os custos relacionados com estes produtos podem estar associados à reinspeção, perda da capacidade produtiva, desperdício de materiais e recursos, entre outros. Este desperdício pode ser minimizado através do controlo da qualidade, implementação de tarefas padrão e prestar formação aos colaboradores, entre outros;
- Excesso de produção: consiste em produzir sem saber a procura do cliente, o que origina produzir mais do que é necessário. Algumas causas para este desperdício são ocupação da linha, excesso de capacidade, adiantar trabalhos para o caso de o cliente vir a pedir, entre outros. De modo a reduzir este desperdício, deve-se definir a produção em função da procura e nivelar operações;
- Excesso de processamento: excesso de atividades que são desnecessárias para produzir, por exemplo, processamento de informação desnecessário, ou número de controlos de qualidade superior aos que o cliente exige. Este desperdício pode ocorrer devido às rotinas, falta de sincronização e duplicação de documentos. Pode-se eliminar usando centralização da informação e *standardização*;
- Tempo de espera: tempos entre as operações de um processo que pode afetar as pessoas e os produtos. Pode-se eliminar este desperdício, balanceando e organizando os postos de trabalho e melhorar a fiabilidade dos equipamentos;
- Transporte: movimentação de um material ou informação de um processo para o outro ou de um armazenamento para um processo. De modo a eliminar este desperdício, deve-se organizar as operações e os equipamentos, tendo em conta um fluxo contínuo e estabelecer um circuito lógico;
- Movimentação: a movimentação está associada às pessoas e consiste nas ações que não são necessárias para realizar uma determinada operação, como por exemplo, deslocações e atividades não ergonómicas. De forma a eliminar este desperdício, pode-se ajustar o *layout* face às necessidades dos funcionários, colocar os postos de trabalhos mais ergonómicos e realizar a *standardização* dos métodos de trabalho;
- Inventário: acumulação de produtos e ou materiais em qualquer parte do processo. Este desperdício pode ser originado pela má planificação, mau balanceamento de linhas, falhas nas máquinas e elevado tempo de preparação. Desta forma, pode-se tentar eliminar o desperdício, aumentando a frequência das entregas, utilizar a produção *JIT* e balancear as linhas de produção.

De acordo, com Liker (2004) e Lopes et al. (2019), existe um oitavo desperdício que está relacionado com a não utilização das capacidades humanas, ou seja, não aproveitar as competências, o talento, as experiências, as ideias e a criatividade dos trabalhadores. De modo a eliminar este desperdício, deve-se dar as ferramentas corretas aos operadores e capacitar as pessoas, de modo a contribuir com ideias e identificar as suas competências.

2.2.1.4 Principais ferramentas do *Lean Production*

2.2.1.4.1 Ciclo PDCA

Walter A. Shewhart, em 1930, especializado em estatística, criou a metodologia PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), sendo que por volta dos anos 50, Deming, desenvolveu-a com maior pormenor. As empresas adotaram esta metodologia no Japão, a qual foi um sucesso, o que levou mais tarde a denomina-lo como ciclo PDCA (Silva et al., 2017). Inicialmente, esta metodologia era usada como controlo da qualidade dos produtos. Ao longo dos tempos, esta metodologia foi evoluindo, passando a ser conhecida como uma ferramenta que ajuda na melhoria dos processos produtivos, com o objetivo de resolver os problemas identificados. Atualmente, é conhecida como uma ferramenta que se encontra ligada à melhoria contínua (Silva et al., 2017). O ciclo PDCA (Planear, Fazer, Verificar e Atuar) é composto por quatro fases (Tabela VII), e é um processo contínuo.

Tabela VII – Fases do Ciclo PDCA (Gorenflor & Moran, 2009)

| Fase | Descrição |
|-----------------------------|--|
| <i>Plan</i> (Planear) | Descrever a situação atual; Identificar os objetivos; Realizar um plano de ações para a resolução do problema; Alocar recursos. |
| <i>Do</i> (Fazer) | Implementar o plano de ações. |
| <i>Check</i> (Verificar) | Analisar os resultados obtidos, de modo a verificar padrões ou tendências; Comparar os resultados obtidos com os resultados desejados. |
| <i>Act</i> (Atuar) | Implementar de ações face aos resultados obtidos. |

2.2.1.4.2 5S

A metodologia 5S, é uma das ferramentas *Lean* que mais se utiliza. Esta metodologia promove a limpeza e a organização, de modo a reduzir os desperdícios, aumentando o desempenho e a qualidade, para atingir um ambiente de trabalho eficiente (Costa et al., 2018; Jiménez et al., 2015; Veres et al., 2018). A metodologia 5S, é constituída por cinco palavras japonesas, que representam cinco fases distintas (Tabela VIII).

Tabela VIII – Fases do 5S (Costa et al., 2018; Filip & Marascu-Klein, 2015; Jiménez et al., 2015)

| Fases | Descrição |
|------------------------------------|--|
| 1S: <i>Seiri</i> (Separação) | Consiste na seleção dos materiais, ou seja, identificar o que é necessário e desnecessário; eliminar os materiais desnecessário; manter os materiais necessários e separá-los por prioridades. |
| 2S: <i>Seiton</i> (Organização) | Estarem definidos locais específicos para cada coisa e corretamente identificados, de forma a ser mais fácil de encontrar, organizar, perceber |

| | |
|---|--|
| | e controlar. Estes locais devem ser definidos tendo em conta a frequência de uso. Deste modo, evitam-se movimentos desnecessários. |
| 3S: <i>Seiso</i> (Limpeza) | Manter diariamente o espaço de trabalho limpo e organizado, efetuando limpezas periódicas; verificar se todos os itens estão localizados no local definido. Este S promove a higiene e segurança e realça que a utilização de equipamentos limpos é mais fácil para a identificação de problemas. |
| 4S: <i>Seiketsu</i> (Standardização) | Definir procedimentos, normas, modelos <i>standard</i> para as tarefas e organização do espaço. |
| 5S: <i>Shitsuke</i> (Disciplina) | Desenvolvimento e cumprimento dos novos hábitos, garantindo o cumprimento da implementação da metodologia, de modo a evitar voltar às antigas rotinas (área de trabalho desorganizado). Manter e continuar a otimização das áreas de trabalho. Promover ações de melhoria. Os colaboradores devem praticar frequentemente atividades de 5S, de forma a fazer parte da cultura da organização. Esta fase é a mais difícil, pois é necessário o compromisso dos colaboradores e uma cultura na organização ligada à melhoria contínua. |

Atualmente, muitas empresas associam um sexto “S” à metodologia 5S. Este sexto “S”, vem da palavra em inglês “*Safety*”, que significa segurança. Este “S” não pode ser dissociado dos outros 5S (Lopes et al., 2019). De forma a obter sucesso na implementação do 5S, deve-se envolver a gestão de topo, bem como todos os colaboradores da organização, demonstrando o desempenho da organização com base nos dados obtidos nesta metodologia.

A metodologia 5S, pode trazer benefícios para uma organização, tais como o aumento da produtividade, a limpeza e organização dos postos de trabalho, a minimização de acidentes de trabalho, menor desperdício, maior satisfação dos colaboradores, redução de custos e maior qualidade (Gomes et al., 2013; Monteiro et al., 2019).

2.2.1.4.3 *Kaizen*

Kaizen, é uma palavra japonesa, que deriva do “*Kai*” que significa mudança e “*Zen*” que tem como definição melhor, isto é, *Kaizen* é melhoria contínua (Shettar et al., 2015). Esta filosofia apareceu juntamente com o TPS, desenvolvida por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo. *Kaizen* visa a redução de desperdícios, melhorando os processos e as condições de trabalho, obtendo deste modo melhor qualidade nos produtos, promovendo o cumprimento dos objetivos da organização conforme o esperado e a excelência empresarial (Shettar et al., 2015). A melhoria contínua é necessária, para que a empresa se mantenha competitiva, e para alcançar um bom desempenho. Mas, para obter sucesso, é essencial o trabalho em equipa, o envolvimento da gestão de topo e dos operadores, a motivação, a determinação e o bem-estar dos trabalhadores (Antoniolli et al., 2017; Boca, 2011). As pequenas melhorias são do conhecimento das organizações que proporcionam o sucesso. Para tal, é essencial promover junto dos colaboradores o incentivo à criatividade, à implementação e execução de atividades *kaizen* e perspicácia de desenvolver competências dentro das equipas.

Existem várias atividades *kaizen*, sendo que uma delas é o *kaizen* diário. Esta atividade consiste em realizar reuniões diariamente, de modo a comunicarem e a contribuir para uma maior eficácia e controlo dos processos. Estas atividades diárias ajudam para a criação do entusiasmo

nas mudanças e ensina os colaboradores a identificarem e a eliminar o desperdício num processo (Ferreira et al., 2019; Knechtges & Decker, 2014).

Segundo Masaaki (1970), *Kaizen* pode ser visto sob a forma de um guarda-chuva, pois é uma ferramenta que abrange várias técnicas de melhoria contínua. *Kaizen* abrange diversas ferramentas, tais como: 5S, Manutenção Produtiva Total (TPM), JIT, entre outras (Figura 6).



Figura 6 – Metodologia *Kaizen*

2.2.1.5 Exemplos de aplicação do *Lean Production*

Na literatura analisada relacionada com o tema *Lean Production*, é possível encontrar uma diversidade de projetos, com o objetivo de reduzir os desperdícios (Tabela IX).

Tabela IX – Exemplos de aplicações do *Lean Production*

| Referências Bibliográficas | Descrição do Trabalho |
|----------------------------|--|
| (Rosa et al., 2018) | Este estudo, realizou-se numa empresa que fabrica componentes automóveis, com o foco de aumentar o <i>output</i> nas linhas A e B e a redução do tempo de <i>setup</i> da linha C. Após aplicar ferramentas <i>Lean</i> , alcançou-se um aumento de produtividade na linha A de 41% e na linha B de 43%. Na linha C, conseguiu reduzir o tempo de <i>setup</i> semanal em 58,3%. |
| (Oliveira et al., 2020) | Este projeto, foi realizado numa empresa de reconfiguração de rádios automóveis, com a finalidade de reduzir os desperdícios nas linhas de produção. Aplicou-se ferramentas <i>Lean</i> e obteve-se um aumento na produtividade de 50%, e uma redução do número de trabalhadores em 38%. |
| (Sremcev et al., 2018) | Este trabalho, consistiu em aplicar em instituições de ensino superior os princípios <i>Lean</i> e a metodologia 5S. Após a implementação, concluíram que os 5S contribuíam para a redução do tempo de preparação da aula, passando de 32 min para 8 min e o tempo de aula de 85 min para 68 min. |

| | |
|---------------------------|---|
| (Sousa et al., 2019) | O estudo incide na indústria corticeira, nomeadamente, na fabricação de rolhas de cortiça. Aplicou-se várias ferramentas <i>Lean</i> , nomeadamente a metodologia SMED (<i>Single Minute Exchange of Die</i>) com o objetivo de melhorar o processo produtivo. Conseguiram reduzir o tempo de mudança de ferramentas de 66:52 mim para 37:59 mim, o que originou uma poupança de 2340€ por mês. |
| (Rosa et al., 2017) | O projeto decorreu numa empresa que fabrica cabos metálicos de comando, com o intuito de melhorar a qualidade e a produtividade nas linhas. Aplicou-se ferramentas <i>Lean</i> , utilizando o ciclo PDCA. Este projeto contribuiu para um aumento de produtividade de 41%. |
| (Moreira et al., 2018) | Aplicou-se ferramentas <i>Lean</i> com o objetivo de reduzir o uso de produtos tóxicos e custos na impressão offset, promovendo o aumento da produtividade. Com este estudo alcançou-se o aumento do OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>) e tempo médio entre falhas, reduzindo o tempo médio de reparação no equipamento. |
| (Azizi & Manoharan, 2015) | O projeto desenvolveu-se numa empresa que produz placas de PCB e tinha como objetivo o aumento de produtividade. Neste estudo desenvolveu-se um VSM (<i>Value Stream Mapping</i>) para determinar as atividades que não acrescentam valor. Com recurso à metodologia <i>Kaizen</i> e SMED, diminuiu-se o tempo de <i>setup</i> de 145 para 54 segundos. |
| (Ashraf et al., 2017) | Este trabalho teve como objetivo aplicar a metodologia 5S numa empresa relacionada com a indústria de alimentação e bebidas. Com recurso a esta metodologia, conseguiram reduzir a ocupação do local de trabalho em 29 m ² , aumentar a produtividade em 38,65%, melhorar as condições de trabalho e reduzir o tempo necessário para encontrar um determinado material ou ferramenta. |
| (Dias et al., 2019) | O foco deste projeto era assente na otimização de uma linha de produção. Neste projeto utilizou-se o balanceamento de linhas, padronização no trabalho, a gestão visual os 5S. Com recurso as técnicas anteriormente referidas obteve-se um aumento em 37% da capacidade da linha de produção e o OEE em 22%. |
| (Pereira et al., 2020) | Este projeto foi desenvolvido numa empresa industrial de cartão canelado. Neste projeto utilizou-se a metodologia PDCA. Com esta metodologia reduziu-se o consumo de cola de 11g/m ² para 8g/m ² , o consumo de energia em 9% e a percentagem de resíduos. |

Analisado os exemplos de aplicação mencionados anteriormente, verifica-se que as ferramentas *Lean* contribuem para os ganhos da organização, nomeadamente, a nível da produtividade e eficiência.

2.2.2 *Six Sigma*

2.2.2.1 *Origem do Six Sigma*

Na década de 1980, a Motorola encontrava-se com grandes dificuldades, tanto a nível financeiro como a nível da produção. Esta empresa não estava preparada para competir com a concorrência japonesa, principalmente devido à qualidade dos seus produtos. Deste modo, Bill Smith, vice-presidente e diretor da qualidade da Motorola, sentiu-se na obrigação de implementar um programa de qualidade que permitisse integrar estrategicamente as operações (Aized, 2012; Pande et al., 2016). Face a esta situação, houve necessidade de reduzir os defeitos dos seus produtos, que consequentemente provocou um aumento da satisfação dos clientes e uma redução dos custos desnecessários (Costa et al., 2019). Deste modo, surgiu uma metodologia de melhoria, designada por “*Six Sigma*” (Costa et al., 2017; Pande et al., 2016). Esta metodologia, implementada pela Motorola, rapidamente se tornou um sucesso a nível mundial, onde levou outras empresas a tomar medidas no seguimento dessa metodologia, tais como a *General Electric, Ford, Allied Signal, Sony, Kodak ou Texas Instruments* (Ferreira et al., 2019). A metodologia *Six Sigma* permite, através da análise e implementação de melhorias dos processos, usando ferramentas estatísticas, melhorar a eficiência da organização (Niñerola et al., 2020). O sigma, designado pela letra grega “ σ ”, é usado para descrever a variação de um conjunto de dados relativamente a um processo, produto ou serviço (Montgomery, 1985). Esta metodologia visa reduzir a variabilidade que ocorre nos processos, atingindo um nível de qualidade de excelência, reduzindo principalmente o número de defeitos, os custos, os desperdícios e aumentando a produtividade, criando valor para os clientes e maior satisfação e fidelização (Mahendru & Singh, 2015). Tenciona-se reduzir a variabilidade para valores próximos de 6 sigma, uma vez que a viabilidade de obter valores fora do LSE e LIE (Costa et al., 2019). Os limites de especificação são tolerâncias definidas pelos clientes, para um determinado produto ou processo. Para um processo centrado, que segue uma distribuição normal, de nível sigma 6, num curto prazo, significa que se obtém 3.4 defeitos por milhões de oportunidade (DPMO) ou 3.4 partes por milhão de oportunidade (PPM) ou, de forma percentual, 99,9999% de produtos conformes. A longo prazo, o processo pode estar sujeito a perturbações, o que poderá provocar um desvio até $\pm 1.5 \sigma$ (Baptista et al., 2020; Costa et al., 2019). A Figura 7 dá-nos a informação do número de defeitos por partes por milhão de oportunidade, e a percentagem de produtos conformes, tendo em conta o nível de sigma ou nível de qualidade sigma.

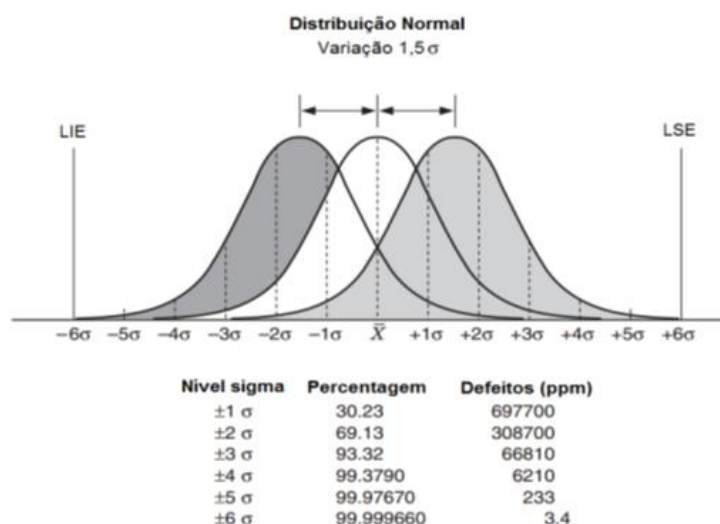


Figura 7 – Níveis Sigma (Montgomery, 1985)

O nível de qualidade sigma, pode ser representado por outros indicadores de *performance* que permite avaliar a qualidade do processo existente (Tabela X).

Tabela X – Indicadores de *Six Sigma* (Slack et al., 2010)

| Indicador | Descrição |
|--|---|
| Defeito | Desvio das características especificadas pelo cliente para um produto. |
| Proporção de defeituosos | Porcentagem de unidades defeituosas. |
| Rendimento | Relaciona o número total de unidades sem defeito com o volume total de unidades. |
| Defeitos por unidade (DPU) | Número de defeitos por unidade. |
| Defeitos por Oportunidade (DPO) | Proporção de um produto não satisfazer a qualidade que é exigida por o total de oportunidades de um conjunto. |
| Defeitos por Milhão de Oportunidade (DPMO) | Indicam quantos erros ou defeitos apareceriam se uma atividade fosse repetida um milhão de vezes. |
| Partes por Milhão (PPM) | Esta métrica é idêntica ao DPMO. |
| Nível Sigma | Indica a capacidade do processo se realizar sem erros ou defeitos. O nível sigma corresponde ao número de desvios padrão que cabem dentro do intervalo definido pelos limites de especificação. |

Existe vários métodos para a melhoria da qualidade na metodologia *Six Sigma*. Geralmente, usa-se o método DMAIC (*Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyse* (Analisar), *Improve* (Melhorar) e *Control* (Controlar)) e o DMADV (*Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyse* (Analisar), *Design* (Desenho), *Verify* (Verificar)). O DMAIC é o método utilizado quando existem processos, enquanto que o DMADV é utilizado para novos produtos ou processos (Pereira et al., 2019; Staudter et al., 2008).

Ao longo dos anos, o sucesso de implementação desta metodologia tem sido cada vez maior tanto a nível industrial, como no setor dos serviços na área da saúde (Niñerola et al., 2020). A nível industrial, o setor automóvel é uma das áreas onde se aplica o *Six Sigma*, uma vez que é

uma área onde o mercado é competitivo e o grau de exigência é elevado, a nível de qualidade e de segurança, para poderem enfrentar desafios atuais e futuros (Costa et al., 2019; Costa et al., 2017; Lopes et al., 2021). Niñerola et al. (2020) defende que a metodologia *Six Sigma* tem um grande impacto no setor da saúde, pois é fundamental ter um sistema de gestão da qualidade com eficiência. Caso contrário, poderão ocorrer danos graves para os pacientes. Atualmente, em todos os setores, é cada vez mais importante que as organizações executem as suas atividades de forma ágil, dinâmica e com qualidade, pois necessitam ser competitivas, acompanhando as mudanças do mercado empresarial, uma vez que os clientes se têm tornado cada vez mais exigentes (Ferreira et al., 2019).

2.2.2.2 Metodologia DMAIC

Um projeto *Six Sigma*, aplicado na melhoria do processo baseado na metodologia DMAIC, é constituído por cinco fases (Figura 8), e visa a resolução de problemas com o objetivo de melhorar os processos, permitindo a redução de defeitos e da variabilidade do processo, com o objetivo de as empresas melhorarem a sua eficiência e o seu desempenho continuamente (Ferreira et al., 2019; Mast & Lokkerbol, 2012).

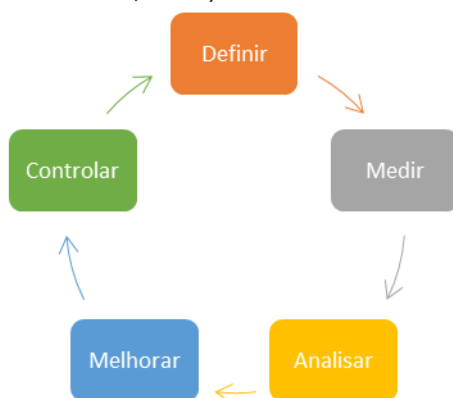


Figura 8 – Fases do Ciclo DMAIC

Segundo George et al. (2005) e Pepper & Spedding (2010), em cada uma das fases do ciclo DMAIC, são usadas ferramentas e técnicas da qualidade, sendo que estas ferramentas podem ser usadas em várias fases, de modo a analisar o desempenho do processo atual, propondo melhorias e controlando o sistema, de modo a atingir o objetivo pretendido.

2.2.2.2.1 Fase Definir

Definir, é a primeira fase do ciclo DMAIC, e consiste em identificar o projeto e definir a descrição do processo ou produto (Abdolshah et al., 2009; Antony, 2006; George, 2003; George et al., 2005). Na Figura 9, encontram-se as atividades a decorrer nesta fase, e as principais ferramentas e métodos a serem utilizados.

| Atividades | Métodos e Ferramentas |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Definir o âmbito do projeto; • Definição do problema; • Identificar os stakeholders; • Definir a equipa do projeto; • Definir os objetivos do projeto e o indicador a ser analisado; • Desenvolver um cronograma com as datas esperadas para cada fase. • Identificar os inputs e outputs; • Identificar o impacto a nível financeiro do projeto; • Desenvolver o mapeamento do processo ou descrever o produto | <ul style="list-style-type: none"> • Project Charter; • Mapeamento da Cadeia de Valor; • Plano de comunicação; • Árvore de CTQ; • Análise de stakeholders; • SIPOC. |

Figura 9 – Atividades, Métodos e Ferramentas da Fase Definir (George, 2003; Soković et al., 2009)

No Project Charter, deve ser definido com clareza o negócio que se encontra envolvido nesse projeto, a descrição do problema, os objetivos do projeto, os benefícios esperados, o cronograma do projeto e os membros da equipa (George et al., 2005; Werkema, 2012). A árvore CTQ permite clarificar os objetivos do projeto, sendo a ponte entre a saída do processo e a satisfação do cliente. Pretende-se descrever as necessidades, definir que características são analisadas, método de medição, unidades de medida, objetivo requerido à saída do projeto, bem como os seus limites de especificação (inferior e superior) e a definição de defeito (Werkema, 2012).

O SIPOC, permite-nos definir o âmbito do projeto, identificar as etapas principais do processo, bem como as suas entradas, e indicar os fornecedores e clientes (George, 2003; Werkema, 2012).

2.2.2.2.2 Fase Medir

A segunda fase do ciclo DMAIC, Medir, de um modo geral, visa observar, recolher dados e descrever o estado atual do processo (Abdolshah et al., 2009; Antony, 2006; George, 2003; George et al., 2005). As atividades que decorrem na fase de medir, e as ferramentas e métodos utilizados, estão esquematizados na Figura 10.

| Atividades | Métodos e Ferramentas |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Decisão dos inputs e dos outputs a medir; • Definir como medir os dados; • Desenvolver um plano de recolha de dados; • Análise do sistema de medição e sua validação; • Medir a performance atual do processo. | <ul style="list-style-type: none"> • Plano de Recolha de Dados; • Análise do Sistema de Medição (MSA); • Diagrama de Pareto; • Histograma; • Cartas de Controlo; • Diagrama BoxPlot; • Estatística Descritiva; • Run Chart. |

Figura 10 – Atividades, Métodos e Ferramentas da Fase Medir (George, 2003; Werkema, 2012)

O Plano de Recolha de Dados descreve que dados se devem recolher, que tipo de dados são, definição das operações de medição, quando, como e quem os recolhe, e a estratégia de amostragem (George, 2003). A Análise do Sistema de Medição (MAS), é um método que permite analisar o sistema de recolha de dados e a qualidade dos seus dados. A técnica mais popular é o Gage R&R (*Gage Repeatability and Reproducibility*) do equipamento (George, 2003). Este

estudo permite analisar a repetibilidade e a reprodutibilidade. A repetibilidade analisa se a variabilidade do sistema de medição está na origem do dispositivo de medição e a reprodutibilidade verifica se a variabilidade do sistema é derivada à diferença entre operadores.

2.2.2.2.3 Fase Analisar

Após a finalização da recolha de dados, segue-se a sua análise, com a finalidade de identificar as causas dos problemas, analisando os dados e os processos. Para tal, recorre-se à fase de Análise do ciclo DMAIC (Abdolshah et al., 2009; Antony, 2006). Na Figura 11, encontram-se representadas as atividades usuais da fase analisar, bem como os métodos e ferramentas.

| Atividades | Métodos e Ferramentas |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Determinar os inputs críticos; • Compreender as causas dos defeitos através da análise de gráficos e de indicadores; • Determinar as principais razões para a variabilidade do processo; • Estabelecer um plano de prioridades de ações viáveis para melhorar no futuro. | <ul style="list-style-type: none"> • Teste de Hipóteses; • Gráfico de Dispersão; • Histograma; • Diagrama de Pareto; • Diagrama de Ishikawa; • 5 Porquês; • Brainstorming. |

Figura 11 – Atividades, Métodos e Ferramentas da Fase Analisar (George, 2003; Werkema, 2012)

O *Brainstorming* é uma técnica que tem como objetivo juntar um grupo de trabalho multidisciplinar com a finalidade de promover a criatividade, explorando e combinando as ideias de todos os intervenientes (Roldão & Ribeiro, 2007).

2.2.2.2.4 Fase Melhorar

Melhorar, é a quarta fase do ciclo DMAIC, e tem como finalidade procurar, testar e implementar soluções, após terem sido identificadas as causas raiz na fase anterior (George et al., 2005). As fases anteriormente mencionadas têm como objetivo preparar as melhorias, sendo que é na fase de melhorar onde se implementam as melhorias encontradas nas fases anteriores (Snee, 2004). As atividades que se devem desenvolver nesta fase, os métodos e ferramentas, encontram-se descritos na Figura 12.

| Atividades | Métodos e Ferramentas |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver uma lista de soluções que permitam resolver os problemas; • Avaliar o impacto das soluções detetadas; • Avaliar os riscos associados; • Soluções novas testadas e aprovadas; • Atualizar os custos e os benefícios; | <ul style="list-style-type: none"> • Brainstorming; • 5S; • FMEA (Failure Mode and Effect Analysis); • Benchmarking; • Simulação. |

Figura 12 – Atividades, Métodos e Ferramentas da Fase Melhorar (Antony, 2006)

O *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) é uma técnica usada em equipa para identificar e avaliar falhas potenciais de produtos/processos e seus efeitos, e identificar ações que permitem reduzir ou eliminar a probabilidade de ocorrência (Duret & Pillet, 2009).

2.2.2.2.5 Fase Controlar

A última fase de DMAIC, controlar, tem como propósito monitorizar, resumir o novo processo e fechar o projeto, ou seja, assegurar que as ações de melhoria são efetuadas após o projeto terminar, tendo como objetivo, implementar planos de controlo. Após finalizar o projeto, deve-se divulgar a experiência obtida e as lições (Antony, 2006). Os procedimentos chave para garantir o sucesso desta fase, as ferramentas e métodos de aplicação na última fase, encontram-se expressos na Figura 13.

| Atividades | Métodos e Ferramentas |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver um plano de controlo com ações corretivas; • Desenvolver uma estratégia de modo a monitorizar o processo; • Confirmar estatisticamente a melhoria; • Validação final dos custos e benefícios; • Documentação do projeto atualizada e arquivada; • Fecho do projeto. | <ul style="list-style-type: none"> • Planos de Controlo; • Cartas de Controlo; • Poka Yoke. |

Figura 13 – Atividades, Métodos e Ferramentas da Fase Controlar (George, 2003; Werkema, 2012)

2.2.2.3 Exemplos de Aplicação

Na literatura que aborda o tema *Six Sigma*, é possível encontrar vários projetos relacionados com a melhoria dos processos ou serviços, usando a metodologia *Six Sigma* (Tabela XI).

Tabela XI – Aplicações da metodologia *Six Sigma*

| Referências Bibliográficas | Descrição do trabalho |
|----------------------------|---|
| (Costa et al., 2017) | Este trabalho teve como objetivo melhorar o processo de extrusão de borracha de dois semiprodutos dos pneus, reduzindo os produtos não conformes. Utilizando o ciclo DMAIC foi possível melhorar o processo reduzindo 5 toneladas de produto não conforme por dia, originando uma redução de 0,89% no número de não conformidades. Esta redução resultou numa poupança de 165 mil euros anuais nas despesas da qualidade da empresa. |
| (Ferreira et al., 2019) | O projeto foi implementado numa empresa que fabrica produtos de madeira, com o objetivo de diminuir o <i>lead time</i> na mudança de um determinado processo. Este trabalho trouxe bastantes benefícios para a empresa, pois permitiu reduzir o tempo de mudança de um processo da linha de montagem de 39 mim para 17 mim, o que originou na fabricação um ganho de 44%. Este ganho permitiu que o fluxo produtivo fosse mais eficiente. |
| (Pereira et al., 2019) | Este estudo realizou-se numa empresa multinacional que fabrica peças de automóveis. Este projeto visa analisar a satisfação do cliente nas etapas de projeto e desenvolvimento do produto. Em 2017, o indicador de satisfação do cliente obteve valores muito baixos. Com a aplicação do <i>Six Sigma</i> , foi |

| | |
|--------------------------------|---|
| | possível verificar que durante um ano houve apenas duas reclamações, ou um risco de atraso, ou uma queixa e um risco de atraso. Estes resultados foram o desejado, pois o indicador encontra-se dentro do limite desejado. |
| (Barbosa et al., 2017) | Este projeto foi realizado numa empresa de fabricação de pneus e teve como objetivo melhorar o desempenho e o índice de qualidade dos produtos. Desta forma, um pneu é composto por vários componentes, sendo um deles o talão (talão APEX e núcleo do talão). Para a otimização deste processo, foi usado o ciclo DMAIC, através do qual se obteve um aumento do índice de qualidade em 41%. |
| (Srinivasan et al., 2014) | A metodologia DMAIC, neste estudo, foi realizada numa empresa de fabricação de fornos de pequena dimensão. Este projeto teve como finalidade melhorar a eficiência dum permutador de calor, de modo a reduzir o elevado consumo de combustível, para obter a temperatura exigida no forno. Com o uso do ciclo DMAIC, concluíram que o melhor era usar tubos nus. Esta melhoria resultou num aumento do nível de sigma de 1,34 para 3,01, e da eficácia de 0,61 para 0,664, provocando uma redução nos custos anuais da empresa. |
| (Smętkowska & Mrugalska, 2018) | Este projeto foi desenvolvido numa empresa a nível industrial, que teve como objetivo melhorar o processo de uma máquina. O ciclo DMAIC permitiu implementar melhorias, como por exemplo, redução de custos de produção, aumento da produtividade, aumento da satisfação do cliente e maior conforto e melhor organização para os funcionários. |
| (Cunha & Dominguez, 2015) | Este estudo foi realizado num grupo de concessionários automóveis portugueses, de modo a melhorar o fluxo de caixa efetuado pelas marcas. As métricas usadas atendiam apenas ao orçamento financeiro. Após aplicação do ciclo DMAIC, verificaram que conseguiam efetuar um controlo mais eficiente do fluxo económico, recorrendo a outras métricas. |
| (Barot et al., 2019) | A metodologia <i>Lean Six Sigma</i> , aplicou-se num processo de fundição, onde se obteve um aumento do nível sigma de 2,6 para 3,0. Este aumento permitiu reduzir os custos de fabricação, melhorar a qualidade para os produtos, reduzir a taxa de não conformidades de 15,9% para 6,4% e, por sua vez, aumentar o lucro, reduzindo o tempo de <i>setup</i> do forno de 90 min para 60 min. |
| (Srinivasan et al., 2014) | Este projeto incidiu na redução de defeitos na linha de pintura numa empresa de fabricação de amortecedores. Detetou-se que os defeitos ocorrem no processo de pré-tratamento, onde ocorrem descolagens e bolhas. Com a utilização do ciclo DMAIC, obtiveram um aumento no nível sigma de 3,31 para 4,5. |
| (Pugna et al., 2016) | O projeto teve como finalidade melhorar um processo de rebitagem na indústria automóvel. Com o ciclo DMAIC, chegaram à conclusão que a causa estava na ferramenta de rebitar. Esta metodologia permitiu melhorias a curto e longo prazo. O nível sigma a curto prazo aumentou de 2,9 para 5,2, e a longo prazo aumentou de 1,4 para 3,7, permitindo reduzir |

| | |
|-------------------------------|---|
| | o DPMO de 81000 para 108, o que originou uma redução de 30% de defeitos. |
| (Agarwal et al., 2016) | Este estudo teve como finalidade melhorar os processos num laboratório de cateterismo. Com a implementação do LSS (<i>Lean Six-Sigma</i>), conseguiram melhorar o tempo de resposta e diminuir o tempo de inatividade do médico. |
| (Lighter, 2014) | Este projeto relata que no Akron Children's Hospital, conseguiram reduzir o tempo de espera nas cirurgias e para a realização de ressonâncias magnéticas, com recurso ao LSS. |
| (Tanik & Sen, 2012) | Este estudo realizou-se na indústria automóvel e teve como finalidade aumentar o nível de sigma dos projetos da empresa. Com aplicação da metodologia DMAIC, conseguiu-se passar de um nível de sigma de 3,2 para 4,5. |
| (Hassan, 2013) | Este projeto realizou-se numa empresa que se dedica à fabricação de arame de solda e teve como objetivo melhorar a qualidade dos produtos, redução dos desperdícios e o aumento da produtividade. Com aplicação da metodologia DMAIC, conseguiu-se reduzir o rácio de desperdício para 4% e aumentar o nível de sigma do processo de 3,22 para 3,6. |
| (Jirasukprasert et al., 2012) | Este projeto realizou-se numa empresa que se dedica à fabricação de luvas de borracha e teve como finalidade a redução do número de produtos defeituosos. Aplicou-se a metodologia DMAIC, o que permitiu reduzir 50% os defeitos dos produtos, reduzindo de 195,095 para 83,750 o DPMO. |
| (Kumar et al., 2006) | Este estudo aplicou-se numa empresa que se destina à fabricação de acessórios de automóveis, com o intuito de reduzir o número de defeitos. Com recurso à metodologia DMAIC, obteve-se melhorias no DPU, na capacidade do processo e no OEE, melhorando 12% o processo de fundição. |
| (Kumar et al., 2006) | O projeto foi realizado numa empresa que fabrica motores para automóveis. Este projeto teve a finalidade de reduzir o número de defeitos no processo de fundição. Com o uso da metodologia DMAIC, conseguiu-se reduzir o número de defeitos de 0,194 DPU para 0,029 DPU, e aumentando a capacidade do processo de 0,49 para 1,28. |

Ao analisar as aplicações referidas anteriormente, verifica-se que o LSS é uma mais valia para uma organização, porque permite melhorar a qualidade de um produto, reduzindo a variação do processo.

2.2.3 *Lean Six Sigma*

A metodologia *Lean Six Sigma* é uma combinação do *Lean* e do *Six Sigma*. Ambos contribuem para a melhoria da qualidade das organizações e aumentam a competitividade dos seus negócios. Segundo Roldão & Ribeiro (2007), ao aplicar o *Lean* sem o *Six Sigma*, iremos adquirir uma produção elevada, mas com qualidade insuficiente. Quando se aplica o *Six Sigma* sem o *Lean*, obtemos qualidade na produção, mas sem acrescentar valor ao produto. Ao juntar as duas metodologias, consegue-se obter uma produção com elevada qualidade, com custos reduzidos.

Na Figura 14, pode-se visualizar as duas metodologias e os principais objetivos com os quais cada uma, por si só, pode contribuir para alcançar a eficácia.

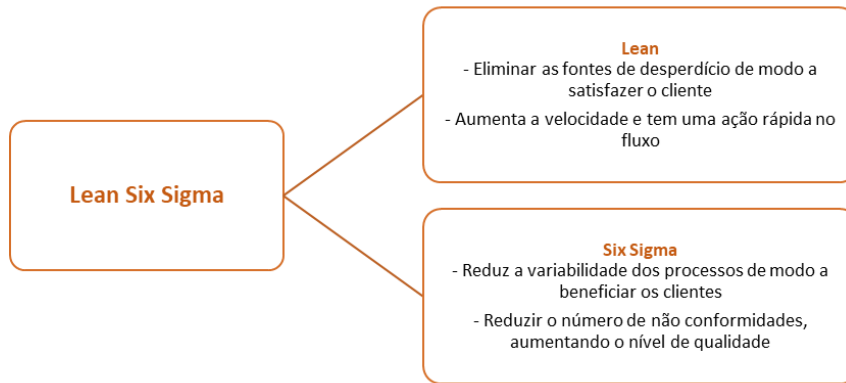


Figura 14 – Junção do *Lean* mais *Six Sigma* (Asif, 2019)

Os projetos *Six Sigma* nem sempre atingem o sucesso, requerem tempo, dedicação, investimento e conhecimento acerca dos processos e produtos da organização (Fonseca, 2017). Vários autores defendem que existem fatores que dificultam a implementação do *Six Sigma*, originando muitas vezes a não conclusão dos projetos (Tabela XII).

Tabela XII – Fatores que dificultam a implementação *Six Sigma*

| Autor | Fatores |
|-----------------------------------|---|
| (Nonthaleerak & Hendry, 2006) | Elevados investimentos. |
| (Antony, 2008) | Grande diversidade na escolha de vários programas que contribuem para a qualidade de uma organização: <i>Six Sigma</i> , TPM, <i>Internacional Organization for Standardization</i> (ISO), entre outros; Maioria das organizações, considerar que a ISO 9001 se torna o suficiente para garantir a qualidade; Insuficiência de casos de sucesso na implementação do <i>Six Sigma</i> ; Falta de motivação por parte da gestão de topo; Pensamento que o <i>Six Sigma</i> exige alto conhecimento ao nível de estatística, devido ao desconhecimento da metodologia. |
| (Jayathirtha & Raghunath A, 2013) | Escassez de recursos; Inadaptação à mudança; Falta de conhecimentos do <i>Six Sigma</i> ; Dificuldade na recolha de dados; Escolha errada acerca de projetos <i>Six Sigma</i> . |

Para além dos fatores críticos que podem provocar insucesso, existe autores que defendem os fatores críticos para o sucesso, definindo-os como ingredientes essenciais (Tabela XIII).

Tabela XIII – Fatores de sucesso para a implementação de *Six Sigma*

| Autores | Fatores |
|---------------------------|---|
| (Antony & Banuelas, 2002) | Envolvimento da gestão de topo e todos os colaboradores; Formação para o conhecimento da metodologia <i>Six Sigma</i> ; Evolução da cultura e dos valores da organização face à inovação; Satisfação do cliente; Utilização de métricas de desempenho |

| | |
|------------------------------|---|
| | objetivas; Contribuição para o aumento da economia da organização; |
| (Drohomeretski et al., 2016) | Participação da gestão de topo e de toda a organização; Formação em <i>Six Sigma</i> e em ferramentas estatísticas. |

Tendo por base que um dos fatores que contribui para o sucesso é a formação em *Six Sigma*, é então essencial que a organização pratique projetos de *Lean Six Sigma* e aposte na formação *Lean Six Sigma*. Os colaboradores das empresas que desenvolvem projetos relacionados com este tema, podem ser designados por *Champions, Master Black Belt, Black Belt, Green Belt, Yellow Belt, White Belt* (Andrade, 2017; Werkema, 2012).

2.3 Auditorias

A noção de auditoria tem evoluído ao longo do tempo, devido ao elevado crescimento das organizações, à expansão do mercado, à mudança cultural, à presença de novas necessidades e pelo facto das organizações cada vez mais se mostrarem preocupadas com os procedimentos internos, pois as auditorias devolvem às organizações a garantia e a confiança, demonstrando a verdadeira realidade de cada organização no momento. Segundo Flozino & Silvério (2014), a auditoria surgiu no século XIV, em Inglaterra, pois houve a necessidade analisar todos os processos envolvidos numa organização. Estes mesmos autores defendem que as auditorias devem ser realizadas por profissões especializadas, definindo auditoria como uma técnica que avalia a autenticidade dos processos e dos documentos que a organização apresenta no momento, tendo por base as normas.

Pelo Instituto Português da Qualidade (2015), a auditoria é definida como o “processo sistemático, independente e documentado para obter evidência e respetiva avaliação objetiva, com vista a determinar em que medida os critérios da auditoria são cumpridos.” Esta mesma norma refere que existem dois tipos de auditorias, as auditorias internas e externas.

Segundo o Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento (2009), a auditoria interna é um ato de avaliação, independente de uma organização, que tem como garantia ajudar e melhorar os procedimentos com o objetivo de acrescentar valor a uma organização. A auditoria interna contribui para melhorar a eficácia e a eficiência da organização, gerir os riscos e ajudar a organização a atingir os objetivos definidos pela gestão de topo (Anderson et al., 2017).

Segundo o Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento (2009), a auditoria externa é realizada por um profissional qualificado e independente, com a finalidade de emitir uma opinião sobre a contabilidade, legalidade e qualidade das operações, com base em normas técnicas.

Estes dois tipos de auditorias têm perspetivas em comum e usam procedimentos idênticos, no entanto, apresentam algumas diferenças (Tabela XIV).

Tabela XIV – Diferenças entre Auditoria Interna e Auditoria Externa (Flozino & Silvério, 2014)

| Caraterísticas | Auditoria Interna | Auditoria Externa |
|------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Normas Aplicadas | Normas definidas pela organização. | Normas definidas por lei. |

| | | |
|--------------|--|---|
| Objetivos | Analisar o cumprimento das normas internas e verificar se é necessário criar novas normas; Verificar a operacionalidade da organização. | Analisar a área contabilista, o balanço patrimonial e a demonstração de resultados. |
| Profissional | Profissional especializado da empresa a ser auditada. | Profissional especializado fora da empresa a ser auditada. |
| Frequência | Realizado de forma frequente. | Realizado de forma regular (geralmente, anual). |

Para que todas as organizações obtenham resultados das auditorias justos, confiáveis e que possam ajudar a contribuir para aperfeiçoar o sistema, o Instituto Português da Qualidade (2003), refere que é necessário que os auditores sigam os princípios da realização das auditorias (Figura 15).



Figura 15 – Os cinco princípios das auditorias

Segundo o Instituto Português da Qualidade (2003), cada organização deve conter um ou vários programas de auditorias. Este programa de auditorias têm como finalidade planear uma ou mais auditorias ao longo do tempo, para verificar se os objetivos estão a ser cumpridos. Esta norma, refere que uma auditoria planeada no programa deve decorrer em sete fases (Figura 16).



Figura 16 – Fases de uma auditoria planeada

OTIMIZAÇÃO DA QUALIDADE DO PRODUTO NO CORTE DE ESPIRAL

3.1 Caracterização do produto e do processo produtivo

3.2 Fase Definir

3.3 Fase Medir

3.4 Fase Analisar

3.5 Fase Melhorar

3.6 Fase Controlar

3 OTIMIZAÇÃO DA QUALIDADE DO PRODUTO NO CORTE DE ESPIRAL

Ao longo deste capítulo, aborda-se o foco deste projeto, a otimização da qualidade do produto no corte de espiral. O primeiro subcapítulo descreve o produto e o processo produtivo. Neste projeto, recorreu-se à metodologia DMAIC, e nos subcapítulos seguintes descrevem-se as fases deste ciclo.

3.1 Caracterização do produto e do processo produtivo

Este caso de estudo centra-se num dos componentes dos sistemas de transmissão de movimento, designado por espiral. As espirais podem ser classificadas em dois tipos: laminada e armada (Figura 17). Na Figura 17, pode-se observar as espirais existentes. As espirais são constituídas: com/sem tubo interior, arames e revestimento.

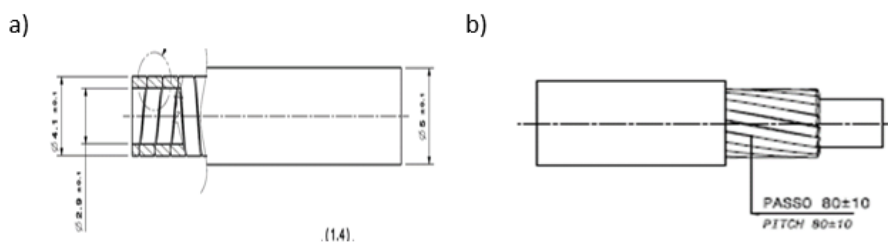


Figura 17 – Espiral laminada (a) e armada (b)

O processo produtivo da espiral divide-se em duas fases, associadas a duas áreas: I – Área de processo produtivo e II – Área de corte de espiral.

A Fase I é realizada na UAP1, sendo esta a UAP que se dedica à preparação da espiral.

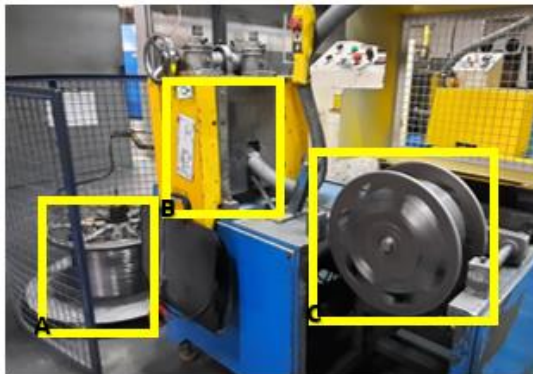
Na UAP1 existem as máquinas denominadas por planetárias, que se dedicam à produção da espiral armada. Na Figura 18, encontra-se representada a máquina e o processo de fabrico da espiral armada.

**Legenda:**

- A – Posicionamento da bobine do tubo interior
- B – Posicionamento da bobine de arame
- C – Encadeamento do arame no tubo interior
- D – Passagem da espiral por uma extrusora para realizar o revestimento e de seguida, passa por uma tina com água para arrefecer a espiral
- E – Passagem da espiral por um ventilador que permite secar a água e por um sensor que mede o diâmetro da espiral. Seguidamente, a espiral passa por um tapete para facilitar o posicionamento da espiral na bobine
- F - Posicionamento da bobine do produto final (espiral armada)

Figura 18 – Descrição do processo produtivo da espiral armada, nas planetárias

As espirais laminadas, podem ser fabricadas com ou sem tubo interior, tendo em conta a especificação do cliente, e existem diversas máquinas que são usadas para a sua fabricação. As espirais laminadas produzem-se em três etapas: pré-laminagem, formação da espiral e por fim, ocorre o revestimento. Na primeira fase, recorre-se aos laminadores. Na segunda fase, geralmente usa-se o fabrico antigo com tubo interior ou as máquinas de origem chinesa, com ou sem tubo interior. Nesta fase, usa-se as máquinas de duplo perfil para a fabricação de componentes de travão. Na última fase, utilizam-se as extrusoras. Na Figura 19, pode-se visualizar a máquina utilizada na primeira etapa, bem como a descrição do processo.

**Legenda:**

- A – Posicionamento da bobine de arame
- B – Pré-Laminagem
- D – Posicionamento da bobine de arame pré-laminado

Figura 19 – Descrição do processo produtivo nos laminadores

Seguidamente, evidenciam-se as máquinas utilizadas no fabrico antigo com tubo interior (Figura 20), utilizado para a segunda etapa do processo.



Legenda:
 A – Posicionamento da bobine de arame
 B – Laminagem final e encadeamento do arame
 C – Posto de trabalho onde se realiza as uniões da espiral
 D - Posicionamento da bobine do produto final (espiral laminada)

Figura 20 - Descrição do processo produtivo no fabrico antigo

Na Figura 21, representam-se as máquinas chinesas e o processo utilizado para a segunda etapa do processo de fabrico da espiral laminada.

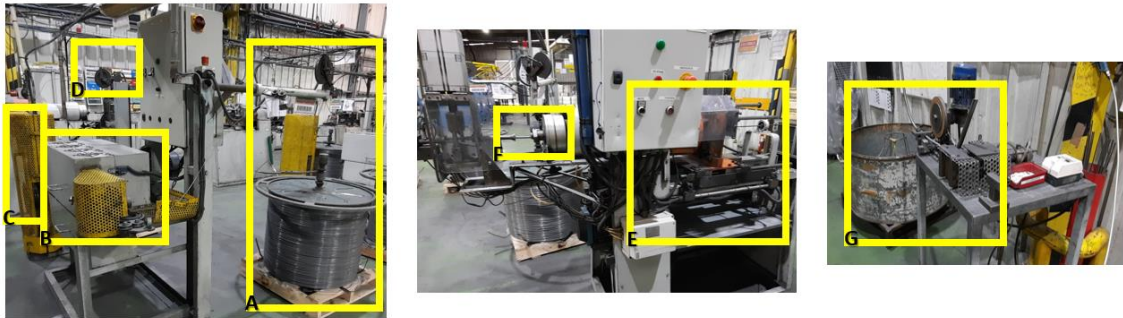


Legenda:
 A – Posicionamento da bobine do tubo interior
 B – Posicionamento da bobine de arame e onde ocorre a laminagem final
 D – Posicionamento da bobine do produto final (espiral laminada)

Nota: As máquinas chinesas sem tubo interior, não utilizam o ponto A.

Figura 21 – Descrição do processo produtivo nas máquinas chinesas

A Figura 22, mostra a máquina de duplo perfil e o seu processo de produção.



Legenda:

- A – Posicionamento de uma bobine de arame não laminado
- B – Passagem do arame por um laminador trapezoidal, onde confere o arame com um aspeto triangular. Seguidamente, passa por umas roldanas que faz a laminagem colocando as medidas específicas
- C – Compensador que constitui um ponto de ligação entre o laminador e o torno mecânico
- D – Posicionamento de uma bobine de arame não laminado
- E – Torno mecânico que junta os dois tipos de arame e envolve-os em torno de uma vareta
- F – Produto final (espiral laminada para travão)
- G – Posto de trabalho onde se realiza as uniões da espiral

Figura 22 – Descrição do processo produtivo no duplo perfil

Na Figura 23, encontra-se representada uma extrusora e a descrição do seu processo.



Legenda:

- A – Posicionamento da bobine de arame para realizar o revestimento
- B – Revestimento do arame na extrusora
- C – Passagem da espiral por uma tina com água para arrefecer a espiral e por um secador que permite secar a água
- D – Passagem da espiral por um tapete para facilitar o posicionamento da espiral na bobine

Figura 23 – Descrição do processo produtivo nas extrusoras

Relativamente à fase II, esta encontra-se presente nas UAP2, UAP3 e na UAP5, e utilizam máquinas de corte de espiral (Figura 23). Estas máquinas têm uma estrutura idêntica, no entanto diferem no tipo de corte: abrasivo a seco, abrasivo húmido, corte a lâmina e abrasivo com marcação a laser.



Legenda:

- A – Posicionamento da bobine da espiral
- B – Zona de corte
- C – Local de armazenagem da espiral cortada



Figura 24 - Descrição do processo produtivo nas máquinas de corte de espiral

O corte abrasivo a seco tem o mesmo método que o abrasivo húmido, e passa pelas seguintes etapas:

1. Inicialmente, para o funcionamento do equipamento, posiciona-se uma bobina de espiral no chão;
2. De seguida, coloca-se a espiral a passar pelos roletes, até a mesma chegar ao batente da régua. O batente possui um sensor, sendo que a espiral quando bate, o sensor dá ordem de corte;
3. Quando dá sinal para o corte, os mordentes fecham e o disco baixa para cortar a espiral;
4. Posteriormente, depois da espiral cortada, a mesma é armazenada num local de entrega de produto acabado.

O abrasivo a seco difere do húmido, possui um sistema de aspiração para aspirar o pó abrasivo, enquanto o corte húmido possui um sistema de refrigeração, isto é, existe a introdução de água no processo, a qual circula em circuito fechado.

O processo de corte a lâmina é semelhante aos anteriores, no entanto, na etapa 3, em vez de se utilizar um disco, usa-se uma lâmina. O processo de corte com marcação a laser difere na mesma etapa que o corte anterior, pois quando o sensor é atuado, os mordentes fecham, dá-se a marcação a laser e, para finalizar, o disco baixa e corta a espiral no local marcado.

A FicoCables, nas máquinas de corte de espiral, utiliza uma determinada especificação para a tolerância de corte, sendo de ± 1 mm. No entanto, até ao momento não se realizou qualquer estudo para verificar se as máquinas de corte de espiral tinham essa capacidade, sendo este um dos motivos que levou ao desenvolvimento deste projeto. Outro motivo que levou ao desenvolvimento deste projeto é o facto de existir um elevado número de BNC's (boletins não conformes), devido ao comprimento da espiral, isto é, elevado número de produtos que não se encontram dentro dos limites de especificação e que dão origem a sucata, o que por sua vez, provoca desperdício e origina custos desnecessários à organização.

3.2 Fase Definir

Na primeira fase do ciclo DMAIC, definiu-se o projeto. Para tal, identificou-se o problema, os objetivos, os benefícios, os membros da equipa e planeou-se o projeto. Nesta mesma fase, realizou-se o mapeamento do processo, de forma a compreender melhor as etapas, identificando os fornecedores e clientes relacionados com o processo em estudo.

3.2.1 Definição do projeto

Após a seleção do projeto, realizou-se um documento que define o projeto, o *Project Charter* (Figura 25), onde se explicou o caso de estudo, os objetivos do projeto e descreveu-se o planeamento das várias fases do projeto. Este projeto teve como objetivo reduzir o número de BNC's, sendo que a variável de análise é o comprimento nominal da espiral, em função da variação permitida.

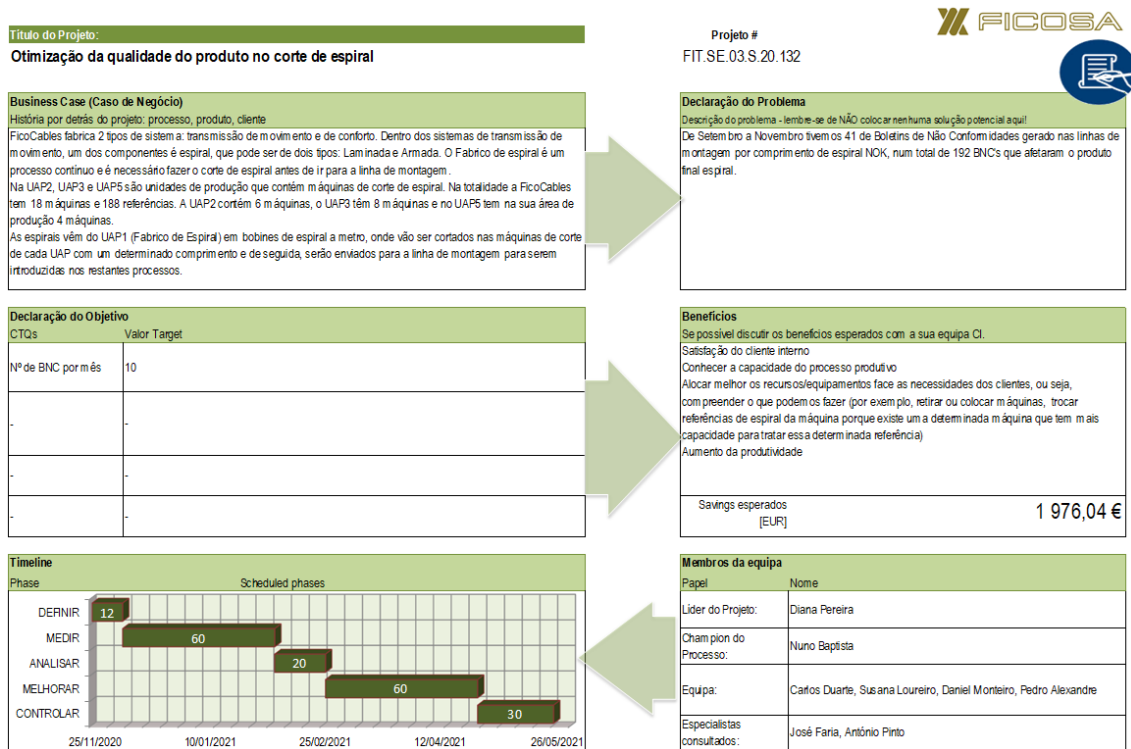


Figura 25 – Project Charter

Concluído o *Project Charter*, desenvolveu-se a árvore CTQ (Figura 26), com o objetivo de clarificar os objetivos do projeto.

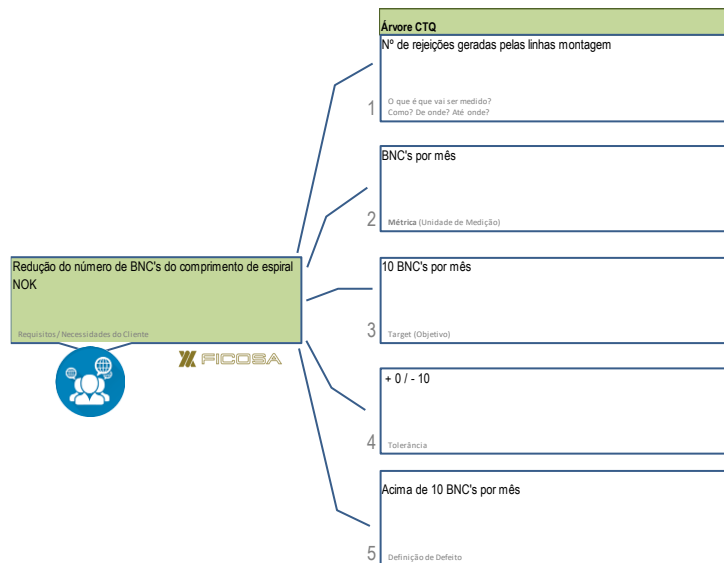


Figura 26 – Árvore CTQ

3.2.2 Diagrama de SIPOC

O diagrama de SIPOC permite clarificar o âmbito do projeto e identificar as etapas principais do processo (Figura 27). O processo é constituído por um conjunto de atividades sequenciais que acrescentam valor ao produto final. Neste projeto, como se trata de um produto interno, os fornecedores e os clientes são internos. Relativamente ao processo e produto, pode ser

observado com mais detalhe no subcapítulo “3.1. Caracterização do produto e processo produtivo”.



Figura 27 - SIPOC

Como conclusão da fase “definir”, utilizou-se a ferramenta 5W2H para definir o problema:

- **O quê?** Comprimento de espiral incorreto;
- **Onde?** Na linha de montagem;
- **Quem?** Operador ou a linha de montagem;
- **Quando?** Durante o fabrico do produto;
- **Porquê?** Provoca produto fora de especificação, o que origina sucata e desperdício. Ao colocar a espiral fora de especificação, origina paragem na linha, por não ter espiral com o comprimento necessário para realizar o produto final;
- **Como?** Na medição a 100% através de sensores, na introdução dos terminais, realizada na linha de montagem;
- **Quanto?** No ano de 2020, gerou-se cerca de 113 BNC’s por causa do comprimento incorreto da espiral.

3.3 Fase Medir

Nesta fase do ciclo DMAIC, recolheu-se dados para analisar o desempenho do processo.

3.3.1 Plano de recolha de dados

Na fase de medição, desenhou-se um plano de recolha de dados (Figura 28). Inicialmente, definiu-se que o indicador a analisar seria o comprimento da espiral, com um tamanho de 25 amostras. Seguidamente, decidiu-se recolher três referências de cada máquina, de modo a abranger a gama que é cortada, obtendo-se assim uma medida menor, intermédia e maior. Caso a máquina corte só uma referência, recolheu-se a mesma referência, mas de lotes diferentes. As referências foram escolhidas tendo em conta o consumo, isto é, estudaram-se as referências que têm um consumo elevado.

| Plano de Recolha de Dados | | | | | | Otimização da Qualidade do Produto no Corte de Espiral | | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|------------------|---|----------------------------------|------------------------------|--|-----------------|----|-----------------------------|----|
| Data Revisão: 18/02/2021 | | | | | | | | | | |
| O que? | | Como? | Quem? | Quanto tempo? | | Frequência | | | | |
| Indicador / Parâmetro de medida | Definição operacional de medição | | Pessoas / Sistema para recolha de dados | (A partir de) quando é se mediu? | (Até) quando é que se mediu? | Com que frequência mediu se no tempo especificado? | | | | |
| Definição da amostra | | Resultado MSA | | | | | | | | |
| Tipo de dados | Tamanho da amostra | Origem dos dados | | | | | | | | |
| Comprimento de Espiral (mm) | Réguas Digitais UAP4 | Diana Pereira | 14/12/2020 | 04/02/2021 | 3 vezes por dia | | Dados Contínuos | 25 | Máquina de Corte de Espiral | OK |

Figura 28 – Plano de recolha de dados

3.3.2 Análise do sistema de medição

De modo a validar o sistema de medição da régua digital da UAP4, realizou-se um estudo R&R (Figura 29).

Este estudo realizou-se com uma referência em que o valor do comprimento nominal era de 459 mm, recolheram-se 10 amostras e mediu-se 3 vezes. Este estudo foi realizado pelo líder do projeto e por dois colaboradores do departamento de metrologia.

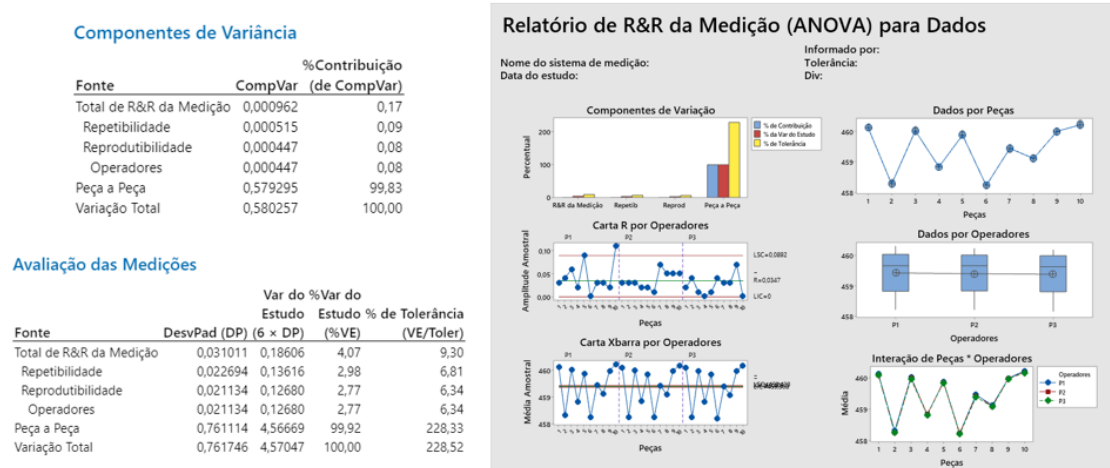


Figura 29 – Estudo R&R

A primeira tabela da Figura 29, “Componentes de Variância”, permite comparar a variação de cada fonte de erro. Ao analisar a tabela, verifica-se que a variação peça a peça é de 99,83%. Como este valor é muito superior ao valor total da medição de R&R (0,17%), pode-se concluir que a variação se deve à diferença entre peças. A segunda tabela, “Avaliação das Medições”, permite comparar a variação do sistema de medição. Relativamente à variação total do estudo, 4,07%, depende do valor total da medição R&R. Como este valor é inferior a 10%, considera-se que o sistema de medição é aceitável. Analisando os gráficos desta mesma figura, pode-se retirar as mesmas conclusões que foram referidas anteriormente.

3.3.3 Medição do estado atual

Após a recolha de dados implementada, partiu-se para a medição do desempenho atual. Primeiramente, começou-se por analisar o número de BNC’s referente ao ano de 2020, por produto (Figura 30). Ao analisar a Figura 30, concluiu-se que de todo o tipo de produto que a empresa produz, a espiral contribui com cerca de 42,9%.

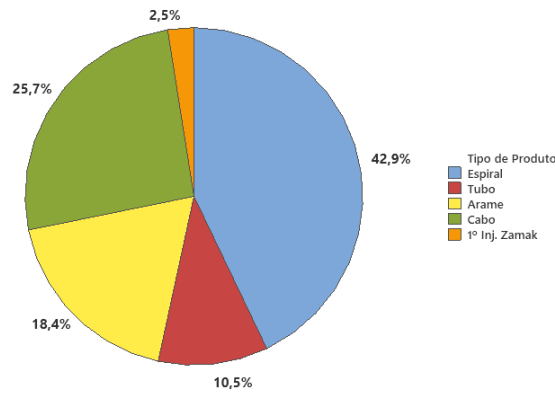


Figura 30 – Número de BNC's por produto

Seguidamente, de forma mais segmentada, analisou-se a causa dos BNC's das espirais (Figura 31). Analisando a Figura 31, concluiu-se que o comprimento fora de especificação é a principal causa para o elevado número de BNC's nas espirais, correspondendo a cerca de 46,1% da totalidade.

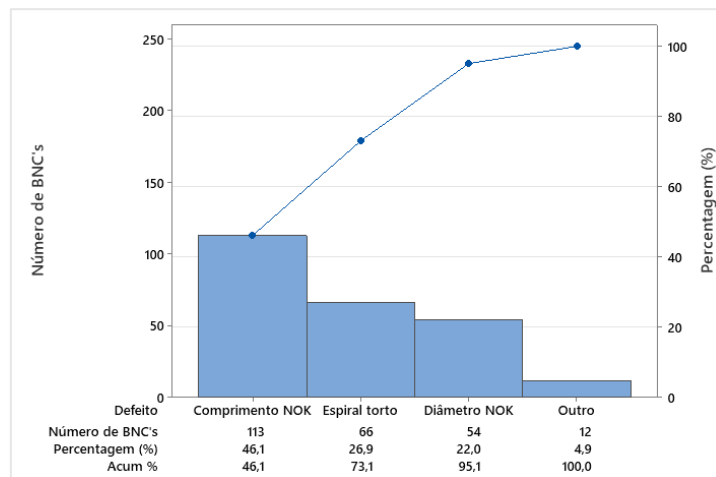


Figura 31 – Causa dos BNC's

Seguidamente, analisou-se a origem dos BNC's (Figura 32). Tal como é demonstrado na Figura 32, verificou-se que as linhas de montagem originam mais de 50% dos BNC's, relativamente ao comprimento fora de especificação.

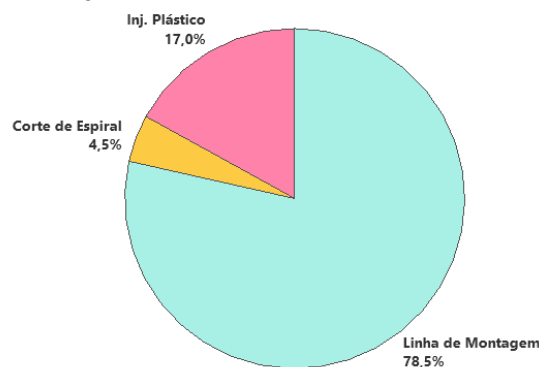


Figura 32 – Origem dos BNC's

A fase de medição, tal como já foi dito anteriormente, incidiu sobre o comprimento das espirais. Nas referências recolhidas, verificou-se a normalidade dos dados, através de um teste da normalidade. Para observar a distribuição dos resultados, gerou-se um *box plot* e calculou-se a

média e o desvio padrão. De forma a verificar se as máquinas de corte tinham capacidade, realizou-se um estudo de capacidade do processo. Na Tabela XV, encontram-se presentes os resultados obtidos na fase de medição. No Anexo 1, pode-se visualizar, por referência, os resultados obtidos graficamente.

Tabela XV – Resultados obtidos na fase de medição

| UAP | Máquina | Referência de Corte | Medida nominal específica (mm) | Média (mm) | Desvio Padrão | Teste da Normalidade | Pp | Ppk | Cp | Cpk |
|-------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------|---------------|----------------------|------|------|------|------|
| UAP2 | MCDG000061 | 12636501B01 1ª Amostra | 334,50 | 334,38 | 0,1388 | 0,140 | 2,40 | 2,08 | 2,38 | 2,06 |
| | | 12636501B01 2ª Amostra | 334,50 | 334,37 | 0,1082 | 0,129 | 3,08 | 2,81 | 3,05 | 2,78 |
| | MCDG000064 | 12635971A00 | 442,80 | 442,96 | 0,2766 | 0,800 | 1,20 | 1,01 | 1,19 | 1,00 |
| | | 12635970A00 | 482,70 | 483,02 | 0,1388 | 0,881 | 2,40 | 1,63 | 2,38 | 1,61 |
| | MCGT00001F | 12632894A00 | 1550,0 | 1550,3 | 0,1129 | 0,973 | 2,95 | 2,11 | 2,92 | 2,08 |
| | | 12632896A00 | 1294,5 | 1295,0 | 0,1613 | 0,415 | 2,07 | 1,01 | 2,04 | 1,00 |
| | | 12632963B01 | 602,50 | 602,24 | 0,1015 | 0,613 | 3,29 | 2,43 | 3,25 | 2,40 |
| | MCDG000056 | 12631621A00 | 303,00 | 303,08 | 0,1217 | 0,359 | 2,74 | 2,52 | 2,71 | 2,50 |
| | | 12632584C02 | 603,50 | 603,42 | 0,1456 | 0,497 | 2,29 | 2,10 | 2,27 | 2,08 |
| | | 12633626A01 | 459,00 | 459,63 | 0,1703 | 0,846 | 1,96 | 0,72 | 1,94 | 0,72 |
| | MCDG000057 | 12631623A00 | 178,00 | 178,28 | 0,1765 | 0,161 | 1,89 | 1,35 | 1,87 | 1,34 |
| | | 12631592A00 | 551,50 | 551,35 | 0,1079 | 0,927 | 3,09 | 2,62 | 3,06 | 2,60 |
| | | 12636028A00 | 460,00 | 459,87 | 0,1330 | 0,805 | 2,51 | 2,18 | 2,48 | 2,16 |
| | MCGT00004F | 12636033B01 | 273,00 | 273,30 | 0,0798 | 0,271 | 4,18 | 2,91 | 4,13 | 2,88 |
| | | 12631624B01 | 442,00 | 441,04 | 0,1044 | 0,329 | 3,19 | 0,12 | 3,16 | 0,12 |
| | | 12631622C02 | 295,00 | 295,11 | 0,1779 | 0,294 | 1,87 | 1,66 | 1,85 | 1,64 |
| | MCDGT00002F | 12632898A00 | 1062,0 | 1061,8 | 0,1115 | 0,887 | 2,99 | 2,78 | 2,96 | 2,75 |
| | | 12637164A00 | 447,50 | 447,66 | 0,1209 | 0,438 | 2,76 | 2,32 | 2,73 | 2,29 |
| | | 12637166A00 | 170,80 | 171,27 | 0,2491 | 0,203 | 1,34 | 0,71 | 1,32 | 0,70 |
| | MCDG000058 | 12636511A00 | 662,00 | 662,05 | 0,0771 | 0,345 | 4,32 | 4,10 | 4,27 | 4,06 |
| 12636512A00 | | 414,50 | 414,43 | 0,0825 | 0,781 | 4,08 | 3,82 | 4,04 | 3,78 | |
| 12633356A00 | | 146,50 | 146,59 | 0,0640 | 0,349 | 5,21 | 4,72 | 5,15 | 4,67 | |
| MCDG00005F | 12635174A00 | 816,10 | 815,97 | 0,0919 | 0,535 | 2,00 | 1,78 | 1,98 | 1,76 | |
| | 12635548A00 | 413,50 | 413,30 | 0,2033 | 0,253 | 1,64 | 1,38 | 1,62 | 1,37 | |
| | 12635525A00 | 330,50 | 330,34 | 0,1040 | 0,497 | 3,20 | 2,68 | 3,17 | 2,65 | |
| UAP3 | MCDG00006F | 11634131A00 | 1090,0 | 1090,6 | 0,2656 | 0,517 | 1,25 | 0,45 | 1,24 | 0,45 |
| | | 11635402A00 | 1227,5 | 1227,0 | 0,3639 | 0,839 | 0,92 | 0,49 | 0,91 | 0,49 |
| | MCDG00008F | 12637884B01 | 1237,0 | 1236,9 | 0,1126 | 0,663 | 2,96 | 2,70 | 2,93 | 2,67 |
| 12633755A00 | | 246,00 | 246,32 | 0,0647 | 0,920 | 4,94 | 3,36 | 4,89 | 3,33 | |
| MCDE00005F | 129215010C02 | 580,00 | 579,96 | 0,0878 | 0,799 | 3,80 | 3,66 | 3,76 | 3,62 | |
| | 129215008B01 | 410,00 | 410,38 | 0,1378 | 0,308 | 2,42 | 1,50 | 2,39 | 1,49 | |
| MCDG000062 | 12632518A00 | 275,00 | 417,66 | 0,2391 | 0,149 | 1,39 | 0,94 | 1,38 | 0,93 | |
| | 129215327A00 | 200,00 | 291,08 | 0,1335 | 0,863 | 2,50 | 1,68 | 2,47 | 1,67 | |
| MCDI000074 | 12633647A00 | 417,60 | 199,67 | 0,2187 | 0,660 | 1,52 | 1,43 | 1,51 | 1,42 | |
| | 12633623A00 | 291,00 | 275,33 | 0,1784 | 0,394 | 1,87 | 1,72 | 1,85 | 1,70 | |
| MCDG000077 | 12632488C02 | 1113,4 | 1112,6 | 0,2125 | 0,852 | 1,57 | 0,37 | 1,55 | 0,36 | |
| | 12631517A00 | 374,50 | 374,56 | 0,1173 | 0,513 | 2,84 | 2,68 | 2,81 | 2,65 | |
| | 12632030B01 | 127,00 | 127,03 | 0,0840 | 0,908 | 3,97 | 3,86 | 2,93 | 3,82 | |
| UAP5 | MCDG00009F | 12631590B01 | 553,00 | 552,76 | 0,1415 | 0,467 | 2,36 | 1,78 | 2,33 | 1,76 |
| | | 12631594B01 | 311,60 | 311,64 | 0,1081 | 0,482 | 3,08 | 2,96 | 3,05 | 2,92 |
| MCDG000063 | 1060817130001 1ª Amostra | 375,00 | 375,16 | 0,1641 | 0,592 | 2,03 | 1,70 | 2,01 | 1,68 | |
| | 1060817130001 2ª Amostra | 375,00 | 374,79 | 0,1457 | 0,070 | 2,29 | 1,80 | 2,26 | 1,78 | |

| | | | | | | | | | |
|------------|------------------------------|--------|--------|--------|-------|------|-------|------|------|
| MCDE00001F | 1260980130007C 1º Amostra | 1673,5 | 1670,9 | 0,4674 | 0,176 | 0,71 | -1,12 | 0,71 | - |
| | 1260980130007C 2º Amostra | 1673,5 | 1674,0 | 0,4858 | 0,338 | 0,69 | 0,34 | 0,68 | 0,34 |

De modo geral, verificou-se que cada equipamento tem dispersões diferentes, sendo que existem máquinas que possuem elevado desvio padrão e ultrapassam a tolerância especificada.

3.4 Fase Analisar

Nesta fase do ciclo DMAIC, analisaram-se os dados e o processo, com o principal objetivo de determinar as causas-raíz da variação do processo. Para tal, recorreu-se a sessões de *brainstorming*, diagrama de *Ishikawa* e de Pareto.

3.4.1 Análise dos dados e do processo

Face aos resultados obtidos anteriormente, realizaram-se várias análises, nomeadamente, por máquina, gama e por tipo de espiral, onde se retiraram as seguintes conclusões:

- Elevado número de máquinas com valores de capacidade abaixo de 1,33;
- As máquinas, quando cortam comprimentos grandes, perdem capacidade;
- A espiral laminada com tamanhos superior a 1000 mm têm capacidade abaixo de 1,33;
- Os comprimentos maiores apresentam maior variação;
- O desvio padrão da espiral laminada é muito próximo da espiral armada;
- Espirais sem tubo ou com tubo de polietileno têm baixa capacidade;
- Espirais com revestimento de PVC (Policloreto de vinil) apresentam baixa capacidade.

Antes de partir para a determinação das causas, realizou-se uma pesquisa com o objetivo de determinar quais as referências estudadas que exigem maior atenção, para implementar as ações de melhoria. Para tal, realizou-se um levantamento das referências estudadas na lista de BNC's e desenvolveu-se um diagrama de Pareto, que teve em consideração a quantidade de espirais não conformes e o seu custo (Figura 33). Ao analisar a Figura 33, verificou-se que a referência que exige maior atenção é a 1260980130007C do UAP5.

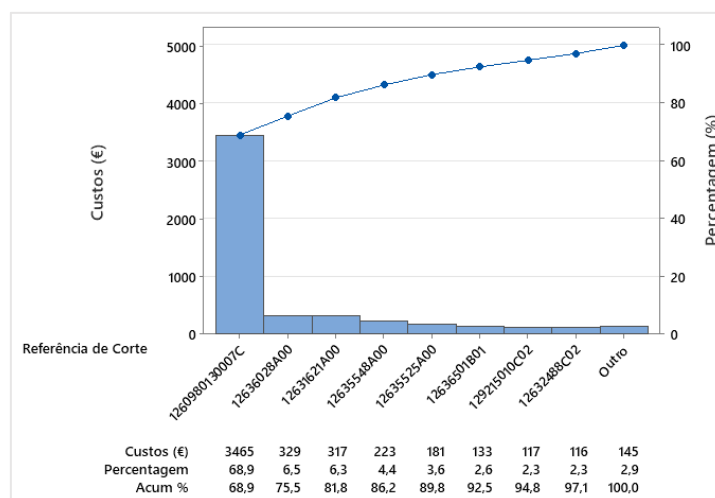


Figura 33 – Referências das Espirais da lista de BNC's

Na fase de análise, utilizou-se a ferramenta 5W2H, para definir o problema:

- **O quê?** Elevada variação no comprimento de espiral;
- **Onde?** Máquinas de corte de espiral;
- **Quem?** Equipa do projeto;
- **Quando?** Durante a recolha de dados (prazo especificado no plano de recolha de dados) que se realizou na fase de medição. Verificou-se que as máquinas de corte de espiral geram elevada variação no comprimento da espiral;
- **Porquê?** Provoca rejeição da espiral, causando um elevado número de BNC's. A linha de montagem, ao não ter a quantidade de espiral suficiente, para, provocando redução na eficiência e desperdício;
- **Como?** Realizaram-se medições nas referências com maior consumo, onde se estudaram 41 referências, sendo que se recolheram 25 amostras de cada. Para o estudo das referências estudou-se a média, desvio padrão e capacidade do processo.
- **Quanto?** As máquinas em média possuem 0,56 mm de variação, no entanto, existem algumas máquinas que possuem variação acima do limite de especificação estipulado.

Realizaram-se várias sessões de *brainstorming* e testes com os vários responsáveis da unidade fabril, bem como engenharia de processos e operadores especializados, com o objetivo de determinar as possíveis causas para a variação do comprimento da espiral. Na Figura 34, encontra-se representado um diagrama de *Ishikawa* com as causas que contribuem para a variação do comprimento da espiral, sendo que, seguidamente, será explicada cada uma delas. No Anexo 2, encontram-se os resultados obtidos, com maior pormenor, para cada causa.

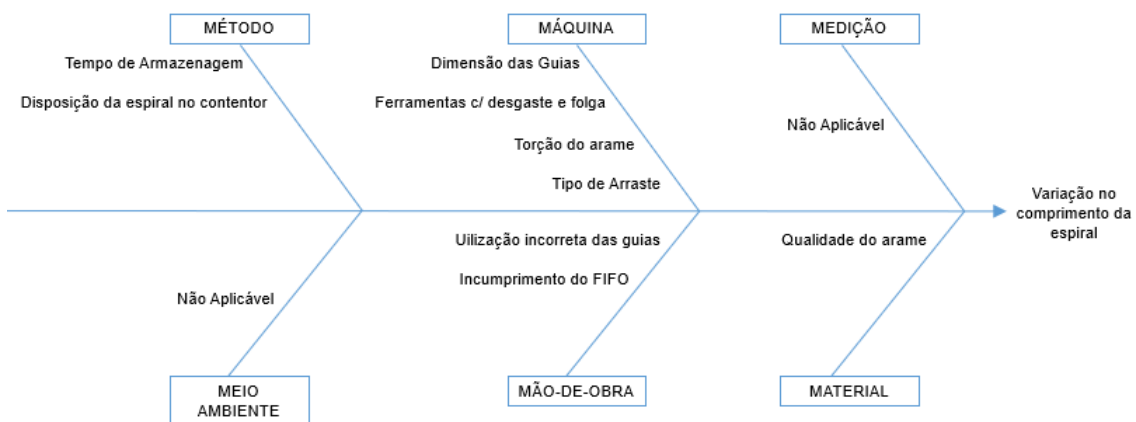


Figura 34 – Diagrama de *Ishikawa*

- **Tempo de armazenagem**

Realizou-se um teste ao tempo que a espiral se encontrava em contentor depois do fabrico e antes de ser cortada. Para tal, produziu-se um contentor para cada tipo de espiral e retiraram-se amostras no dia de produção e passado cerca de uma semana. Após este teste, concluiu-se que o tempo de armazenagem na espiral armada influencia na variação, pois ao longo do tempo ocorre uma deformação plástica, ficando a espiral com uma curvatura após o corte (Figura 35). No caso da espiral laminada, não se verifica qualquer influência.



Figura 35 – Curvatura da espiral armada

- **Disposição da espiral no contentor**

Este teste consistiu em analisar a forma como a espiral está colocada em contentor. Verificou-se que a espiral prende, por não estar bem distribuída no contentor (Figura 36). Com este teste, concluiu-se que a espiral laminada possui grande variação quando prende.



Figura 36 – Disposição da espiral no contentor

- **Dimensão e utilização incorreta das guias**

As máquinas de corte de espiral contêm guias (Figura 37), que tem como função guiar a espiral desde os roletos até ao batente.

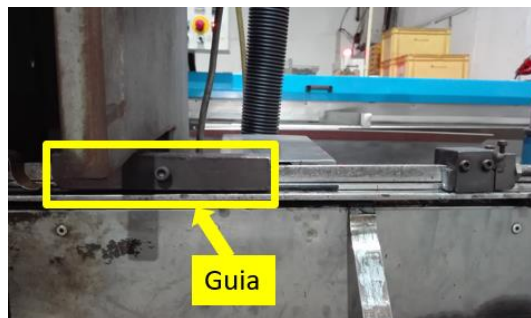


Figura 37 - Guias

Perante o diagrama de Pareto, decidiu-se analisar as guias da máquina MCDE00001F. Como esta máquina só corta uma referência, avaliaram-se as dimensões da espiral e da guia que a máquina usa. Ao analisar a Figura 38, verificou-se que a espiral possui um diâmetro de 5,5 mm, com uma tolerância de 0,2 mm.

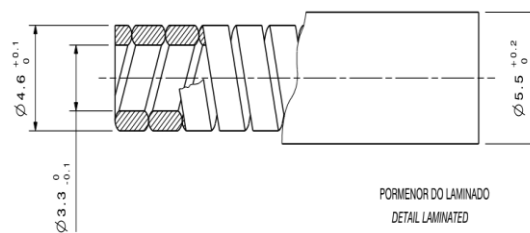


Figura 38 – Características da espiral laminada 1260980130007C

A Figura 39 representa as dimensões da guia. Ao analisar o que se encontra a cor de laranja, conclui-se que a dimensão da guia onde passa a espiral é de 6,3 mm. Ao analisar estas

dimensões, comparativamente com o diâmetro da espiral, verificou-se que existe uma folga de 0,8 mm.

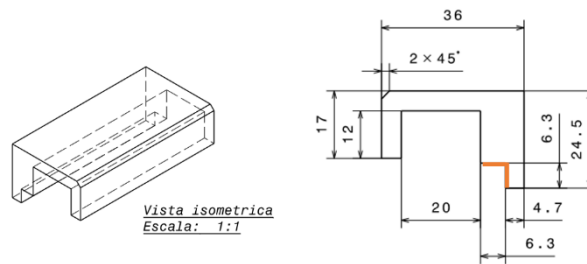


Figura 39 – Dimensões da guia para a referência 1260980130007C

Ao dialogar com os operadores destas máquinas, concluiu-se que os operadores não têm o cuidado de medir a guia quando colocam a máquina a cortar, utilizando guias inadequadas para os diâmetros da espiral. A Figura 40 mostra que não existe um lugar específico para colocarem as guias, nem dividiram por dimensões.



Figura 40 – Local de armazenamento das guias

Para analisar o impacto das guias na variação da espiral, realizou-se um teste para cada espiral utilizando diferentes guias, onde se usou a mesma referência de espiral e máquina. Para a espiral armada, concluiu-se que a folga existente influencia na variação do comprimento. Na espiral laminada, não se verifica uma elevada influência, no entanto, a guia com menos folga possui menor variação. Este teste realizou-se num comprimento pequeno, sendo que, se for um comprimento maior, irá verificar-se maior influência na variação.

- **Ferramentas com desgaste e folga**

Ao analisar as máquinas de corte, verificou-se que existem algumas ferramentas, nomeadamente as guias e batente, com desgaste e folga (Figura 41).

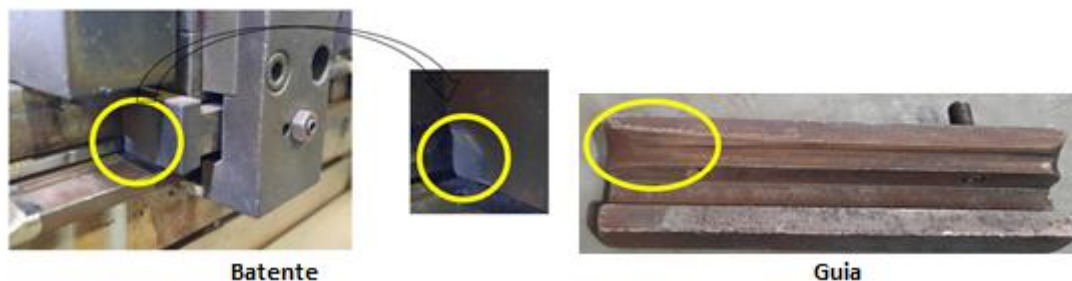


Figura 41 – Desgaste no batente e na guia

- **Torção do arame**

Analisou-se o processo de fabrico da espiral na UAP1 e verificou-se que nas máquinas chinesas, a máquina continua a trabalhar quando a bobina de arame termina, ficando uma ponta de

arame presa à máquina. A rotação do sistema de alimentação do arame provoca torção nas espirais depositadas no contentor (Figura 42). Esta torção cria tensões internas na espiral. Sem base científica, os operadores, para descartar a influência da tensão após o corte de espiral, cortavam e sucataavam 4 metros.



Figura 42 – Torção no arame, no fabrico nas máquinas chinesas

Para além da torção que se verificou nas máquinas chinesas, verificou-se que existia o mesmo fenómeno nas máquinas de corte de espiral, quando a espiral saí do contentor até aos roletes. Para demonstrar este efeito, realizou-se uma linha na espiral que estava na bobina, de cor branca, e realizou-se o seguimento dela até aos roletes. Na Figura 43, verifica-se que no 1º passo não se visualiza a espiral marcada, enquanto que no 2º passo se observa a marcação da espiral, mostrando que ocorreu uma torção.



Figura 43 - Torção no arame, no fabrico nas máquinas de corte de espiral

Com o sistema de arrasto nas máquinas atuais, esta torção mantém-se na espiral desde a alimentação até ao corte, porque com este tipo de arrasto apenas se obtêm contactos pontuais. Na Figura 44, encontra-se descritas os diferentes tipos de arrasto que existem. Os roletes que são usados nos tipos de arrasto mencionados abaixo, são em aço, pelo que não se pode aumentar a força do aperto, pois existe o risco de danificar o revestimento da espiral.

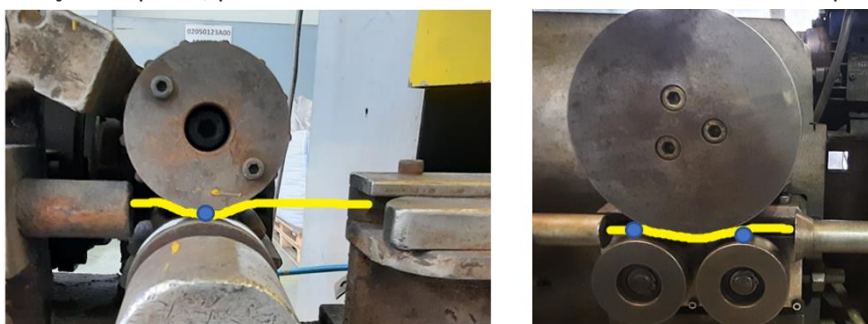


Figura 44 – Sistema de arraste da espiral

- **Incumprimento do FIFO (First In First Out)**

Na fase de medição, ao recolher as referências para analisar, verificou-se que os operadores geralmente não cumprem com o FIFO (Figura 45).



Figura 45 – Incumprimento do FIFO

A Figura 45, foi retirada no dia 23 de dezembro de 2020, sendo que se verificou que existe, lotes do dia 4 e 7 de dezembro por consumir. De modo, analisar o impacto que o FIFO tem na variação do comprimento da espiral, realizou-se uma segunda medição às espirais recolhidas na fase de medição, passado cerca de um mês. Com este teste, concluiu-se que as espirais têm tendência em crescer ao longo do tempo, fazendo com que aumente a variação no comprimento. Na fase de medição, também se verificou que as etiquetas com informação do corte são colocadas dentro das caixas da espiral (Figura 46), sendo de difícil visualização, e exige que as operadoras da linha de montagem tenham que arrastar as caixas todas para verificar qual é o lote mais antigo.



Figura 46 – Armazenamento das espirais nas racks

- **Qualidade do arame**

A empresa possui dois fornecedores diferentes para a mesma referência de arame, sendo denominado por arame *Bekaert*, de origem *alemã*, e arame de origem chinesa. Estes dois arames, possuem diferentes composições químicas. Para tal, realizou-se um teste, para verificar se a qualidade do arame influencia na variação do comprimento. Com a conclusão deste teste, verificou-se que o arame chinês tem menor variação que o arame da *Bekaert*, e existe uma melhoria na capacidade do processo. O arame chinês possui menor variação, pois é mais duro, mais resistente mecanicamente e menos elástico, porque possui maior teor em carbono e manganês. A composição química destes arames, pode ser analisada com maior pormenor no Anexo 2, no ponto “Qualidade do Arame”.

3.4.2 Outras observações realizadas

Seguidamente, serão descritas evidências que se visualizaram ao longo da fase de medição, e que não contribuem de forma direta para a variação do comprimento da espiral.

- **Máquinas em más condições**

Verificou-se que as máquinas de abrasivo húmido possuem falta de condições devido à forte oxidação que advém da água utilizada no circuito. No entanto, a MCDG000062, na UAP3, requer mais atenção, devido ao estado degradado da máquina (Figura 47).



Figura 47 – Condições da máquina MCDG000062, no UAP3

- **Acumulação de resíduos na tina, no corte abrasivo húmido**

Na realização das auditorias 5S às máquinas de corte de espiral, observou-se que a limpeza das máquinas não era efetuada com sucesso. Na Figura 48, demonstram-se os resultados obtidos numa dessas auditorias.

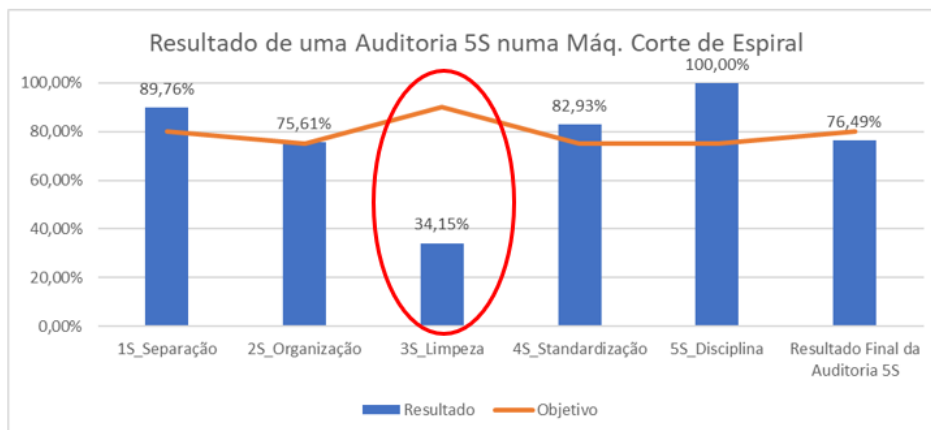


Figura 48 - Resultado de uma Auditorias 5S numa Máq. Corte de Espiral

Observando ao pormenor a limpeza destas máquinas, verificou-se que as tinas possuem bastante sujidade. A tina é o local onde é armazenada a solução que é utilizada no sistema de refrigeração. Esta tina, para além da solução constituída por *Man Coolant Verde* (esta solução é uma proteção para a espiral não oxidar com facilidade, após o corte) e água, acumula resíduos da espiral. Isto acontece porque os operadores não executam a limpeza das tinas nas atividades de 5S, que decorrem semanalmente, acumulando assim grande quantidade de resíduos na tina (Figura 49). Deste modo, a circulação de água não é feita só com a solução, mas sim, com a solução e com resíduos da espiral, originando uma aceleração na corrosão na espiral.

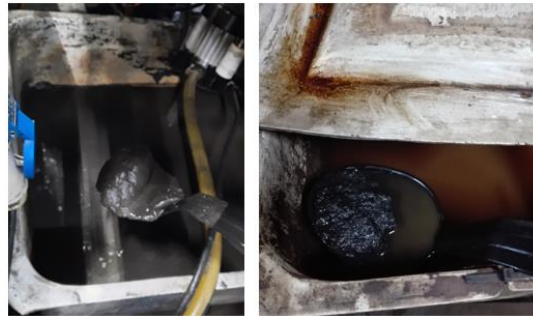


Figura 49 – Acumulação de resíduos na tina

A Figura 50, demonstra a qualidade da espiral laminada passado cerca de uma semana. Verifica-se que fica bastante oxidada, perdendo algumas características, o que por sua vez, gera reclamação por parte do cliente.



Figura 50 – Espiral laminada oxidada

- **Parâmetros de corte não definidos**

Para cada máquina de corte de espiral, encontravam-se definidos alguns parâmetros a utilizar. No entanto, não se encontra definida a tolerância de corte de espiral. Na Figura 51, encontra-se a da folha de parâmetros para as máquinas de corte de espiral abrasivo.


|  | Corte Abrasivo a Seco MDCG000056; MCDG000057; MCDG000058; MCDG000064; MCDI000074; MCDG000077; MCDG000078; MCDG00004F; MCDG00007F; MCDG000068 | Revisão: 2 Data: 17/11/2017 Página Sep: 2 de 2 | | | | | | | | | | |
|---|--|--|----------------------------|--|----------------|-----------|--------------|--|----------------------|-------------|------------------------|-------------|
| | Manual de Instruções - 15. Parâmetros de linha de montagem | | | | | | | | | | | |
| Parâmetros da máquina MCDG000057 | | Aprovado por: Paulo Rebelo | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <th colspan="2">Regulador de ar da Máquina</th> </tr> <tr> <td>Pressão do ar:</td> <td>6 ± 2 bar</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Resistências</th> </tr> <tr> <td>Resistência (frente)</td> <td>228 ± 10 °C</td> </tr> <tr> <td>Resistência (traseira)</td> <td>222 ± 10 °C</td> </tr> </table> | | | Regulador de ar da Máquina | | Pressão do ar: | 6 ± 2 bar | Resistências | | Resistência (frente) | 228 ± 10 °C | Resistência (traseira) | 222 ± 10 °C |
| Regulador de ar da Máquina | | | | | | | | | | | | |
| Pressão do ar: | 6 ± 2 bar | | | | | | | | | | | |
| Resistências | | | | | | | | | | | | |
| Resistência (frente) | 228 ± 10 °C | | | | | | | | | | | |
| Resistência (traseira) | 222 ± 10 °C | | | | | | | | | | | |

Figura 51 – Parâmetros de corte definidos

- **Método de medição não é fiável**

Ao longo da fase de medição, foram sentidas algumas dificuldades em medir as espirais armadas por causa da curvatura que possuem, e nas espirais laminadas, sentiu-se quando as espirais tinham comprimentos grandes, nomeadamente, acima de 600 mm. Para utilizar o sistema de medição para os casos anteriormente referidos, eram necessárias duas pessoas, pois este método não permite colocar a espiral paralela à régua (Figura 52).



Figura 52 – Método de medição

- **Régua na máquina de corte desajustada**

O zero da régua utilizada atualmente na máquina de corte, não está posicionada no rasgo onde o disco de corte ou lâmina corta a espiral. Por este motivo, é necessário ter em conta esta diferença no ajuste do comprimento no corte da espiral. Segundo a informação, alguns operadores não fazem este acerto, o que origina elevada sucata devido à má definição do comprimento do corte, pois este acerto pode variar entre os 100 a 20 mm (Figura 53).

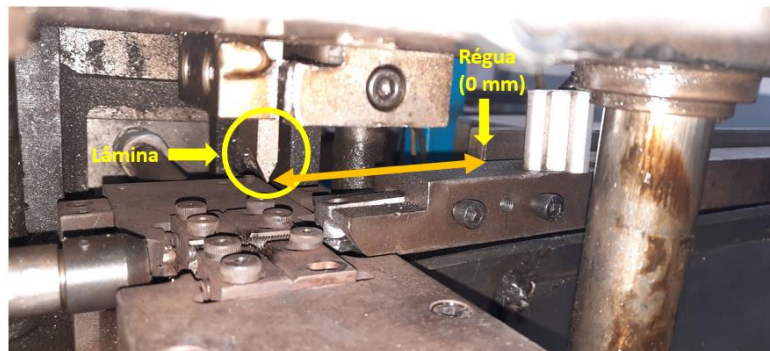


Figura 53 – Régua na máquina de corte desajustada

3.5 Fase Melhorar

Na fase de melhorar desenvolveram-se e implementaram-se soluções para as causas identificadas na fase anterior, de modo a diminuir a variação do comprimento, em estudo.

3.5.1 Definição e implementação das ações de melhoria

Após o estudo das variáveis que contribuem para a variação do comprimento, definiram-se as ações de melhoria a implementar e avaliaram-se, tendo em conta o impacto e o grau de aplicação (Tabela XVI). Esta avaliação fez-se com base nos resultados obtidos nos testes anteriormente referidos. No Anexo 3, encontram-se expressos os resultados obtidos através das ações de melhorias implementadas.

Tabela XVI – Definição das ações de melhoria, avaliação do impacto e estado de implementação

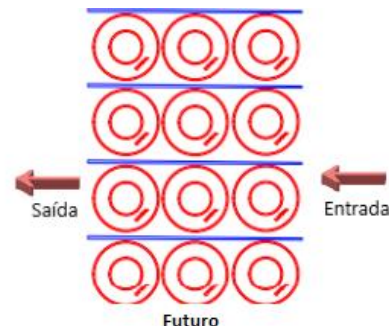
| Causas | Ações | Impacto | Grau de Aplicação | Estado |
|--|--|---------|-------------------|-----------------------------|
| Tempo de armazenagem | Reformular o <i>layout</i> no armazém, de modo, a poderem cumprir com mais facilidade o FIFO | Elevado | Fácil | Em implementação |
| Disposição da espiral no contentor | Colocar um cone para a espiral não prender, ou utilizar contentores com a parte central | Elevado | Fácil | Implementado |
| Dimensão e utilização incorreta das guias | Implementação de guias ajustáveis ao diâmetro da espiral | Elevado | Moderado | Em implementação |
| Ferramentas com desgaste e folga | Implementação de um novo batente e sensor | Baixo | Moderado | Em implementação |
| Torção do arame no processo de fabrico da espiral | Colocar um sensor nas máquinas chinesas, para parar quando acabar a bobina de arame, para não provocar torção na espiral | Elevado | Moderado | Implementado |
| | Colocar um endireitador para eliminar a torção que ocorre na máquina de corte de espiral | Elevado | Moderado | Em estudo |
| Incumprimento do FIFO | Definir a colocação das etiquetas nas caixas de produto final (espiral) | Elevado | Fácil | Implementado |
| Qualidade do arame | Na fabricação da espiral laminada, utilizar o arame chinês | Elevado | Fácil | Em implementação |
| Máquinas em más condições | Realizar um estudo para verificar a ocupação das máquinas, para ver se é possível retirar alguma | ----- | ----- | Implementado |
| Acumulação de resíduos da tina | Implementação de uma tina para ajudar na limpeza das máquinas | ----- | ----- | Em implementação |
| Parâmetros de corte não definidos | Definir os parâmetros de corte | ----- | ----- | Após a conclusão do projeto |
| Método de medição não é fiável | Incluir um calçador para ajudar na medição | ----- | ----- | Em estudo |
| Régua na máquina de corte desajustada | Ajustar as régua das máquinas de corte de espiral | ----- | ----- | Em implementação |

- **Tempo de armazenagem**

Atualmente, os contentores das espirais, quando existe a possibilidade, são colocadas nas *racks*. Caso contrário, são armazenadas no chão. Neste espaço, as espirais são armazenadas por referência, os contentores são colocados sempre por cima do contentor mais antigo, não sendo possível cumprir com o FIFO. Neste sentido, delineou-se uma mudança no *layout*, sendo assim, possível os contentores entrarem pela direita e sair pela esquerda, possuindo um sistema de arrasto que, quando um contentor de espiral saí, as restantes irão ocupar os primeiros lugares para sair (Figura 54).



Atual



Futuro

Figura 54 – Reformulação do *layout*

- **Disposição da espiral no contentor**

Dialogou-se com o departamento de logística e concluiu-se que na produção das espirais, deveriam utilizar um limitador central, por exemplo, um cone ou um contentor com parte central (Figura 55), de modo à espiral não prender.



Figura 55 – Contentor com limitação central

De modo a quantificar os ganhos, realizou-se um teste a dois lotes diferentes, um com cone e outro sem. Na Tabela XVII, encontram-se os resultados obtidos.

Tabela XVII – Impacto da utilização de um limitador central no contentor

| | Com pressão | Sem pressão |
|---|--|-------------|
| Desvio Padrão | 0,2692 | 0,1909 |
| Cp | 1,23 | 1,73 |
| Cpk | 1,18 | 1,45 |
| Teste de Hipóteses (Teste t para 2 amostras) | Através deste teste, verificou-se que o valor de prova (p) é de 0,242, e porque é superior ao nível de significância, 0,05, pode-se observar que não há evidência suficiente para se concluir que existem diferenças ao nível de significância de 5%, ou seja, não se rejeita H_0 . Concluiu-se que o desvio padrão do lote com pressão não é diferente do lote sem pressão. | |

Ao analisar os resultados obtidos, verificou-se que a diferença entre os desvios padrão não existe, no entanto, o desvio padrão do lote sem pressão é inferior e este processo tem maior capacidade do que o lote com pressão, aumentando o Cp de 1,23 para 1,73, e o Cpk de 1,18 para 1,45.

- **Dimensão e utilização incorreta das guias**

Na fase de análise, verificou-se que a dimensão das guias influenciava a variação do comprimento e tinham bastante desgaste. Para tal, criou-se um novo conceito de guia. O novo conceito consiste numa guia ajustável ao diâmetro da espiral. A Figura 56, demonstra o processo de ajuste da guia. Na Tabela XVIII, exprimem-se os ganhos obtidos com esta ação de melhoria.



- 1 – Colocar o suporte da guia numa superfície plana;
- 2 – Colocara guia que pretende utilizar no suporte;
- 3 – Colocar um parafuso na parte superior do suporte e apertar até bater na parte superior da guia;
- 4 – Colocar o calibre, tendo em atenção o diâmetro da espiral;
- 5 – Afinar o parafuso ajustável com uma chave *umbrako*.

| Diâmetro do Calibre (mm) | Diâmetro da Espiral (mm) |
|--------------------------|--------------------------|
| 5,8 | 5,5 |
| 5,3 | 5 |
| | 5,1 |
| 10,5 | 10,3 |
| 6,2 | 6 |
| 4,3 | 4,1 |
| 5 | 4,8 |

Figura 56 – Implementação de um novo conceito de guia

Tabela XVIII – Impacto das novas guias

| Espiral Armada | | Guia de 6,20 mm | Guia de 6 mm |
|---|---|-----------------|----------------|
| Desvio Padrão | | 0,1283 | 0,0775 |
| Cp | | 2,57 | 4,25 |
| Cpk | | 2,07 | 3,99 |
| Teste de Hipóteses (Teste t para 2 amostras) | Através deste teste, verificou-se que o valor de prova (p) é de 0,008 e, porque é inferior ao nível de significância, 0,05, pode-se observar que há evidência suficiente para se concluir que existem diferenças ao nível de significância de 5%, ou seja, rejeita H_0 . Concluiu-se que o desvio padrão da guia 6,20 mm é superior ao desvio padrão da guia de 6 mm. | | |
| Espiral Laminada | | Guia de 6,30 mm | Guia de 5,3 mm |
| Desvio Padrão | | 0,1371 | 0,1085 |
| Cp | | 2,41 | 3,04 |
| Cpk | | 2,11 | 3,03 |
| Teste de Hipóteses (Teste t para 2 amostras) | Através deste teste, verificou-se que o valor de prova (p) é de 0,115 e, porque é superior ao nível de significância, 0,05, pode-se observar que não há evidência suficiente para se concluir que existem diferenças ao nível de significância de 5%, ou seja, não se rejeita H_0 . Concluiu-se que o desvio padrão da guia 6,30 mm não é diferente do desvio padrão da guia de 5,3 mm. | | |

Ao analisar os dados das tabelas anteriores, concluiu-se que a nova guia na espiral armada contribuiu para a redução da variação no comprimento da espiral e aumenta a capacidade do processo. Relativamente à espiral laminada, verificou-se que estatisticamente não é significativo, no entanto, este teste foi realizado para um comprimento pequeno e observou-se que a capacidade do processo melhorou, aumentando o valor de Cp de 2,41 para 3,04 e um Cpk de 2,11 para 3,03. Analisando os valores referidos anteriormente, concluiu-se que o processo se encontra estável e centrado. Esta melhoria foi implementada para uma espiral de tamanho pequeno, onde se obteve bons resultados, no entanto, com um tamanho maior iria verificar-se maior impacto.

De modo, a implementar o novo conceito da guia, realizou-se uma instrução interna (Figura 57) e atualizou-se a instrução de *setup* das máquinas (Figura 58), com o objetivo de descrever como se afina a guia perante o diâmetro da espiral. Estas instruções podem ser consultadas com maior pormenor no Anexo 3, no ponto “Dimensão e utilização incorreta das guias”.


| | | |
|---|------------------------------|------------------------|
|  | INSTRUÇÃO INTERNA | Código : I-CI-CA/MA-03 |
| | | Edição : 1 |
| | | Data : 13/5/2021 |
| | | Página: 2 de 4 |
| Afinação das guias em função do diâmetro da Espiral | | |
| (...) | | |
| I INTRODUÇÃO | | |
| O objetivo desta instrução é definir a afinação das guias em função do diâmetro da espiral. | | |

Figura 57 – Instrução interna para ajudar na afinação das guias


| Foto | | N | Ferramenta | Tarefa | Deslocamento (segundos) | Operação (seg. araste) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---|------------------|--|--------------------------|--------------------------|-----|-----|-----|---|--|-----|------|------|-----|---|-----|-----|---|-----|--|----|
|  | | 5 | Chave umbrako M4 | Ajustar as guias tendo em conta o diâmetro da espiral que vai ser cortado, como é indicado na instrução I-CI-CA/MA-03. Nota: Deve ajustar a guia tal como é indicado na tabela abaixo. <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Diâmetro do Calibre (mm)</th> <th>Diâmetro da Espiral (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5,8</td><td>5,5</td></tr> <tr><td>5,3</td><td>5</td></tr> <tr><td></td><td>5,1</td></tr> <tr><td>10,5</td><td>10,3</td></tr> <tr><td>6,2</td><td>6</td></tr> <tr><td>4,3</td><td>4,1</td></tr> <tr><td>5</td><td>4,8</td></tr> </tbody> </table> | Diâmetro do Calibre (mm) | Diâmetro da Espiral (mm) | 5,8 | 5,5 | 5,3 | 5 | | 5,1 | 10,5 | 10,3 | 6,2 | 6 | 4,3 | 4,1 | 5 | 4,8 | | 60 |
| Diâmetro do Calibre (mm) | Diâmetro da Espiral (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5,8 | 5,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5,3 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,5 | 10,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,2 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4,3 | 4,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 4,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 58 – Instrução de *setup* para as máquinas de corte de espiral

• **Ferramentas com desgaste e folga**

Uma vez que o batente e o suporte se encontravam com muita folga e desgaste, implementou-se uma nova peça (Figura 59). Na Tabela XIX, expôs-se o impacto obtida com esta ação.

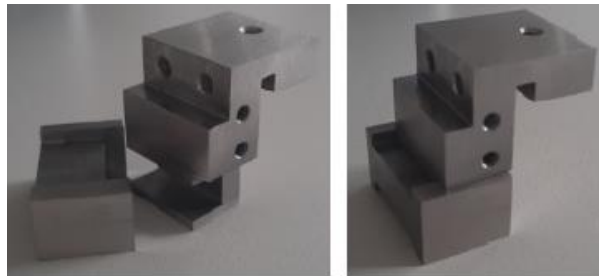


Figura 59 – Batente e suporte sem desgaste

Tabela XIX - Impacto da substituição do batente e do suporte

| | Antes da Intervenção | Após a Intervenção |
|---|---|--------------------|
| Desvio Padrão | 0,1846 | 0,1684 |
| Cp | 1,79 | 1,96 |
| Cpk | 0,78 | 1,74 |
| Teste de Hipóteses (Teste t para 2 amostras) | Através deste teste, verificou-se que o valor de prova (p) é de 0,669 e, porque é superior ao nível de significância, 0,05, pode-se observar que não há evidência suficiente para se concluir que existem diferenças ao nível de significância de 5%, ou seja, não se rejeita H ₀ . Concluiu-se que o desvio padrão antes da intervenção não é diferente após a intervenção. | |

Ao analisar os resultados obtidos, verifica-se que as diferenças entre desvios padrão não são significativas, no entanto, com estas duas peças novas não foi suficiente para retirar a folga total, sendo necessário substituir uma peça que está ligada ao suporte do batente. Perante os dados da Tabela XIX, concluiu-se que existe uma melhoria na capacidade do processo. Após a intervenção, verificou-se que o valor do Cp e Cpk aumentou, e tornou-se um processo mais estável e centrado.

• **Torção no arame**

Com o objetivo de evitar a torção no arame nas máquinas chinesas, implementou-se um sensor que é acionado quando a bobina de arame acaba e faz com que a máquina pare (Figura 60).

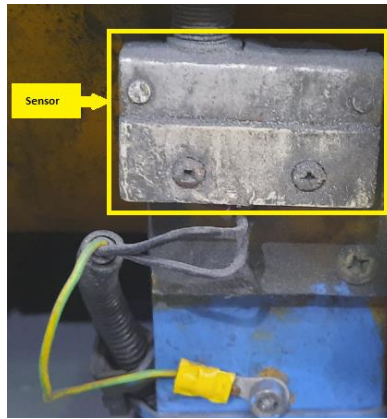


Figura 60 – Implementação do sensor, nas máquinas chinesas

Para analisar a melhoria que este sensor teve na variação do comprimento da espiral, realizou-se um teste que consistiu em avaliar um lote com torção (sensor desligado) e outro lote sem torção (sensor ligado). Na Tabela XX, encontram-se expressos os resultados obtidos no teste.

Tabela XX – Impacto da implementação do sensor nas máquinas chinesas

| | Com torção | Sem torção |
|---|---|------------|
| Desvio Padrão | 0,3401 | 0,1909 |
| Cp | 0,97 | 1,73 |
| Cpk | 0,87 | 1,45 |
| Teste de Hipóteses (Teste t para 2 amostras) | Através deste teste, verificou-se que o valor de prova (p) é de 0,010, e, porque é inferior ao nível de significância, 0,05, pode-se observar que há evidência suficiente para se concluir que existem diferenças ao nível de significância de 5%, ou seja, rejeita-se H_0 . Concluiu-se que o desvio padrão do lote com torção é maior do que o lote sem torção. | |

Ao analisar os resultados obtidos anteriormente, verificou-se que o sensor trouxe vantagens e um impacto positivo para a redução da variação do comprimento da espiral. Verificou-se que existe uma melhoria significativa na capacidade do processo, aumentado o valor de Cp de 0,97 para 1,73 e o Cpk de 0,87 para 1,45. Este sensor tornou o processo mais estável e centrado.

De modo a retirar a torção que ocorre nas máquinas de corte de espiral, decidiu-se colocar um endireitador, por exemplo, um tapete em elastômero, tal como é demonstrado na Figura 61, que permite que a espiral fique direita ao entrar na máquina, eliminando assim possíveis tensões internas, podendo apertar sem danificar o revestimento da espiral. Atualmente, as linhas novas possuem um sistema de corte de espiral integrado na linha, e já possuem um sistema que permite endireitar a espiral.

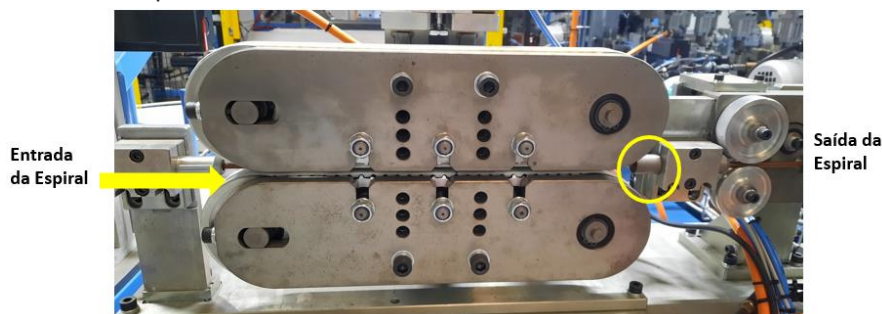


Figura 61 – Tapete endireitador da espiral

- **Incumprimento do FIFO**

De modo, a cumprir com o FIFO, realizou-se uma instrução, onde indica que as etiquetas que são utilizadas nas caixas de armazenamento de espiral, devem ser colocadas na parte da frente da caixa, tal como demonstra a Figura 62. Desta forma, a etiqueta torna-se mais visível e as operadoras da linha de montagem conseguem verificar qual é o lote mais antigo. Esta instrução pode ser analisada com maior pormenor no Anexo 3, no ponto “Incumprimento do FIFO”.



Figura 62 – Instrução interna para o cumprimento do FIFO

- **Qualidade do arame**

Atualmente, é utilizado o arame da *Bekaert*, no entanto, na fase de análise, verificou-se que o arame chinês favorecia o processo. Na Tabela XXI, verifica-se o impacto sentido no processo.

Tabela XXI – Impacto dos diferentes tipos de fornecedores de arame

| | Arame Chinês | Arame Bekaert |
|---|--|---------------|
| Desvio Padrão | 0,1454 | 0,1909 |
| Cp | 2,27 | 1,73 |
| Cpk | 1,74 | 1,45 |
| Teste de Hipóteses (Teste t para 2 amostras) | Através deste teste, verificou-se que o valor de prova (p) é de 0,205 e, porque é superior ao nível de significância, 0,05, pode-se observar que não há evidências suficientes para se concluir que existem diferenças ao nível de significância de 5%, ou seja, não se rejeita H ₀ . Concluiu-se que o desvio padrão do arame chinês não é diferente do desvio padrão do arame da <i>Bekaert</i> . | |

Através de uma análise aos resultados obtidos, verificou-se que o arame chinês tem uma variação ligeiramente inferior ao do arame *Bekaert*. No entanto, verificou-se que o Cp e o Cpk aumentaram, tornando-se mais capaz, mas com um desvio crítico relativamente ao valor nominal.

- **Máquinas em más condições**

Face a este problema, decidiu-se que a máquina MCDG000062, da UAP3, devia ser retirada da produção, devido ao seu estado degradado. Para tal, reuniu-se com o departamento de logística, de modo a saber qual é a taxa de ocupação das máquinas de corte de espiral e com o departamento de engenharia de processos, com a finalidade de conhecer se as restantes máquinas estão adaptadas a este tipo de espiral, pois esta máquina corta unicamente espiral para elevador de janela, com diâmetro de 60 mm.

Tendo como OEE o valor de 85%, concluiu-se que atualmente, com oito máquinas de corte de espiral, a taxa de ocupação não ultrapassa os 50%. Realizou-se seguidamente, um estudo com sete máquinas e verificou-se que a taxa de ocupação não é superior a 60%. Concluiu-se assim, que é possível remover esta máquina, mantendo uma margem de segurança, caso alguma máquina avarie. Este estudo pode ser observado com maior detalhe no Anexo 3, no ponto “Máquinas em más condições”.

- **Acumulação de resíduos na tina**

De modo a ajudar os operadores a realizar a limpeza das tinas, desenhou-se um novo conceito (Figura 63). Esta tina, possui uma base inclinada, de modo a ser possível armazenar os resíduos nessa zona. Essa zona é constituída por uma torneira, sendo que quando os operadores necessitam de limpar, os resíduos saem com mais facilidade.

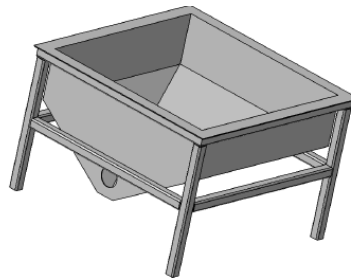


Figura 63 – Tina para acumulação de resíduos

- **Sistema de medição não é fiável**

Relativamente ao sistema de medição, dialogou-se com a metrologia, de forma a melhorar o método de medição. A solução encontrada foi adaptar um calcador, de forma a ajudar a fixar a espiral na régua (Figura 64).



Figura 64 – Calcador para o sistema de medição

- **Régua na máquina de corte desajustada**

De modo a reduzir a sucata gerada e ajudar os operadores a ajustar o comprimento da espiral na máquina de corte, reuniu-se com o departamento da manutenção, onde se concluiu que se devia ajustar a régua, tendo em atenção a distância entre a lâmina ou o disco e o início da régua (Figura 65).



Figura 65 – Ajuste nas máquinas de corte de espiral

3.5.2 Futuro trabalho de investigação

Atualmente, a FicoCables produz uma espiral designada por *braided* constituída por um revestimento em PP (Polipropileno), 16 arames com diâmetro de 0,28 mm e um tubo interior em HDPE (Polietileno de alta densidade) (Figura 66).

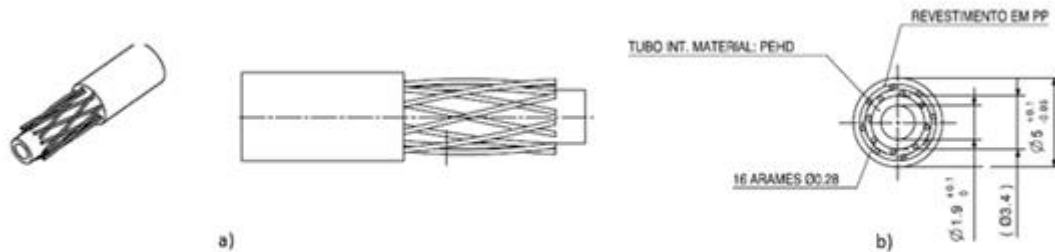


Figura 66 – Espiral *Braided* (a) e constituição da espiral (b)

Na Figura 67, encontra-se representado o processo de fabrico e de corte da espiral *Braided*. Esta espiral é a única que é produzida e cortada de imediato no processo de fabrico, sendo por este motivo que esta espiral não foi estudada no projeto inicial.



Legenda:

- A – Posicionamento da bobine de tubo interior
- B – Colocação das bobines de arame nos tambores, sendo que em cada tambor leva 8 bobines
- C – Espiral *Braided*
- D – Passagem da espiral por uma extrusora para realizar o revestimento da espiral
- E – Passagem da espiral por uma tina para arrefecer a espiral
- F – Passagem da espiral por um ventilador que permite secar a água
- G – Passagem da espiral por um tapete para endireitar a espiral
- H – Corte da espiral *Braided*

Figura 67 - Descrição do processo produtivo da espiral *braided*

Em conjunto com o departamento de engenharia, começou-se um processo de investigação sobre um novo conceito de espiral usando a espiral *Braided*. O objetivo desta investigação é criar uma espiral que permita eliminar uma das principais causas para o elevado número de BNC's, a variação do comprimento da espiral.

O novo conceito da espiral, em vez de arame, passaria a usar fios de plástico. Tal como foi comprovado na fase de análise, no processo de fabrico a espiral acumula tensões e ao longo do

tempo a espiral relaxa, perdendo as tensões acumuladas, originando o crescimento da espiral. Com os fios de plástico, a espiral não irá acumular tensão, nem crescer após o corte.

Para dar início a esta investigação, primeiramente analisou-se os vários plásticos candidatos para a aplicação.

Os polímeros podem ser classificados em materiais termoendurecíveis e em materiais termoplásticos. Para este caso, optou-se por estudar materiais termoplásticos, porque esta espiral irá ser utilizada em sistemas de transmissão de movimento, onde poderá estar em contacto com várias temperaturas, sendo elas elevadas. Este tipo de material, quando em condições de serviço a temperaturas elevadas, apresentam tendência para amolecer, tornando-se flexíveis. Após arrefecer, voltam ao seu estado normal, sem perder de forma significativa as suas características e propriedades (Peters, 2002). Dentro desta categoria de plásticos, existem diversos tipos. Após realizar uma pesquisa no mercado de possíveis fornecedores de bobinas de plástico, chegou-se à conclusão que os materiais mais disponíveis seriam o Polipropileno (PP), Polietileno de Alta Densidade (HDPE) e a Poliamida (PA). O PP é um termoplástico que apresenta baixa densidade, boa rigidez, baixa resistência, têm dificuldade em absorver a água, têm excelentes propriedades químicas e têm uma excelente reação ao impacto. Geralmente, este tipo de material é reforçado com fibra de vidro para melhorar a rigidez e a resistência. O HDPE é um derivado do PE (Polietileno) (Ashby & Johnson, 2002). O PE é um dos polímeros mais utilizados. O PE tem uma absorção à humidade praticamente nula, excelente resistência química e elétrica, e é um material de processamento fácil. O HDPE é um dos polímeros com cadeias mais longas e ramificadas, com elevado número de átomos de carbono, tornando-o um material mais rígido e forte (Ashby & Johnson, 2002). Segundo Ashby & Johnson (2002), a poliamida, mais conhecida por Nylon®, é considerada um termoplástico de engenharia, pois é um material que tem um alto desempenho e oferece propriedades exclusivas, tais como, transparência, leveza e elevada resistência. O Nylon® consegue absorver até 4% da água. Nas Tabelas XXII e XXIII, apresenta-se um resumo de algumas propriedades importantes para este caso de estudo. Ao analisar os materiais e o processo de fabrico anteriormente referido, decidiu-se realizar um teste com fios de poliamida, pois é o material que apresenta melhores características.

Tabela XXII – Propriedades dos materiais analisados (Peters, 2002)

| | PP | HDPE | PA |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Preço (€/Kg) | 0,74 – 0,82 | 0,90 - 3,29 | 2,39 – 9,46 |
| Densidade (mg/m ³) | 0,09 – 0,93 | 0,96 - 0,97 | 1 – 1,42 |
| Resistência à tração (MPa) | 37 | 25 - 32 | 207 |
| Temperatura de fusão (°C) | 130 – 148 | 120 – 129 | 238 |

Tabela XXIII – Características dos materiais analisados (Ashby & Johnson, 2002)

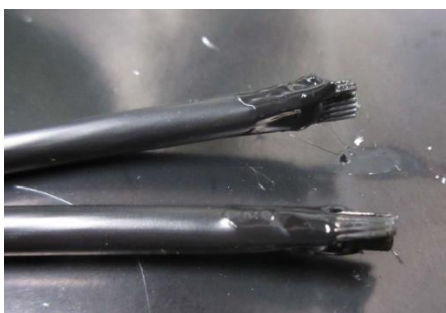
| | PP | HDPE | PA |
|----------------------|----|------|----|
| Resistência à tração | x | x | x |
| Elástico | x | x | x |
| Duro | x | | x |
| Resistente | x | x | x |

Para além da escolha de um novo material para esta espiral, investigou-se a possibilidade de usar um tipo de corte diferente. Após realizar uma pesquisa no mercado e abordar alguns fornecedores, chegou-se à conclusão que se devia optar por um corte a *laser* CO₂, pois é um corte limpo, que não deixa rebarba, permitindo assim eliminar as operações que atualmente se realizam após o corte, escarear e esmerilar, e evita o contacto de ferramentas com a espiral, como por exemplo, mordentes, lâmina e disco. O corte a *laser* CO₂ é originado através de um feixe a partir de uma reação calorífica proveniente de uma mistura de gases. Este corte é geralmente usado em materiais como a madeira, acrílico, papel, têxtil, plástico, entre outros. Contactou-se com um fornecedor, o qual deu a conhecer um sistema de corte a *laser* que pode produzir cerca de 150 000 produtos por hora, com uma potência máxima de 60 Watt, apresentando uma vida útil de 45 000 horas, com um sistema incluído de ar arrefecido. Este sistema é otimizado para as linhas de produção de alto desempenho, é adequado para ambientes com poeiras e humidade, e é de fácil integração em linhas de produção com pouco espaço. Na Tabela XXIV, pode-se observar a potência de cada tipo de corte utilizado atualmente na FicoCables e do novo processo.

Tabela XXIV – Potência de cada tipo de corte

| Tipo de Corte | Potência (kWh) |
|--|----------------|
| Abrasivo Seco – Disco | 1,5 |
| Abrasivo Seco – Lâmina | 1,2 |
| Corte Húmido | 1,1 |
| Abrasivo seco c/ marcação a <i>laser</i> | 1,2 |
| <i>Laser</i> CO ₂ | 0,06 |

Após a escolha do material para a espiral e do processo de corte, partiu-se para a realização de testes. Realizou-se um teste com a PA e com o corte a *laser* CO₂. Ao realizar este teste, verificou-se que o revestimento da espiral queimou (Figura 68). Este facto deve-se à elevada temperatura que se teve que colocar nas propriedades do corte. Para se conseguir cortar a espiral, tiveram de colocar uma temperatura alta, o que levou o revestimento a ficar queimado. Existe uma diferença significativa relativamente à temperatura de fusão entre o material do revestimento e o material dos fios de plástico.

Figura 68 – Espiral *braided* com o revestimento queimado

Com este teste, concluiu-se que a PA não é vantajosa para esta aplicação. Para esta aplicação, o mais apropriado seria utilizar fios de PP ou HDPE, pois têm temperaturas de fusão muito próximas do revestimento do tubo interior da espiral. Perante esta situação, é necessário realizar testes para verificar se é exequível. Devido à impossibilidade de realizar os testes seguintes, este tema ficou entregue ao departamento de engenharia de produto, melhoria

contínua e engenharia de processos. Após a verificação dos testes anteriormente referidos, é necessário realizar testes de funcionalidade, para verificar se esta espiral permite realizar o mecanismo desejado.

Este conceito inicialmente traz algum investimento por parte da empresa, tanto a nível económico como de tempo, pois é um projeto que requer investigação, a realização de testes e apresentação aos clientes, por forma a cativar a sua atenção e mostrar o seu funcionamento. Só depois será possível comercializar.

Em suma, seguidamente apresentam-se os benefícios da nova espiral e do seu processo de corte:

- Não contribuiu para a variação do comprimento da espiral;
- Processo mais limpo, sem a presença de pó abrasivo;
- Processo de corte a *laser*, onde marca a espiral na medida correta e corta;
- Permite que o corte seja feito com rigor, conseguindo que a espiral não fique com os arames a ver-se exteriormente;
- Elimina-se as operações de escarear e de esmerilar que são efetuadas após o corte, devido a este processo a corte a *laser* não efetuar rebarba na espiral;
- Evita-se o esmagamento da espiral, originando a sua deformação, quando os mordentes fecham;
- Consume menos energia;
- Alta velocidade de corte.

3.6 Fase Controlar

3.6.1 Plano de ações

Na última fase do ciclo DMAIC, controla-se as ações de melhoria implementadas na fase anterior. O controlo deve ser feito a longo prazo. Devido à impossibilidade de o líder do projeto acompanhar o restante projeto, realizou-se um plano de monitorização que será cumprido pela equipa de melhoria contínua (Figura 69). Este plano consiste na medição das referências estudadas e na realização de ferramentas estatísticas (como por exemplo, cálculo do desvio padrão e capacidade do processo) e de qualidade, para verificar as melhorias implementadas. Só poderá ser realizada esta fase após a conclusão das ações de melhoria. Para cada referência estudada, devem ser recolhidas 25 amostras de três lotes diferentes.



| Plano de Recolha de Dados | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|--|------------------------------|--|----------------------|--|-----------------------------|---------------|
| Data Revisão: 15-02-2021 | | Otimização da Qualidade do Produto no Corte de Espiral | | | | | | | |
|  | |  | | | | | | | |
| O que? | Como? | Quem? | Quanto tempo? | | Frequência | Definição da amostra | | | |
| Indicador / Parâmetro de medida | Definição operacional de medição | Pessoa / Sistema para recolha de dados | (A partir de) quando é se mediu? | (Até) quando é que se mediu? | Com que frequência mediu se no tempo especificado? | Tipo de dados | Tamanho da amostra | Origem dos dados | Resultado MSA |
| Comprimento de Espiral (mm) | Réguas Digitais UAP4 | Equipe de Melhoria Contínua | Após a conclusão das ações implementadas | Medir durante um mês | 2 vezes por dia | Dados Contínuos | 25 amostras de cada 3 lotes diferentes | Máquina de Corte de Espiral | OK |

Figura 69 – Plano de recolha de dados para a monitorização do projeto

3.6.2 Ganhos obtidos

Uma vez que não foi possível acompanhar a conclusão das restantes ações de melhoria e o plano de monitorização, determinaram-se os ganhos até ao momento.

Relativamente à espiral 1260980130007C, realizou-se uma análise relativamente aos meses de março e abril de 2020, comparativamente aos mesmos meses de 2021. Com este estudo, verificou-se que ocorreu uma diminuição na quantidade de espirais que se encontravam fora do limite de especificação (Figura 70), originando ganhos significativos, de 839,26€.

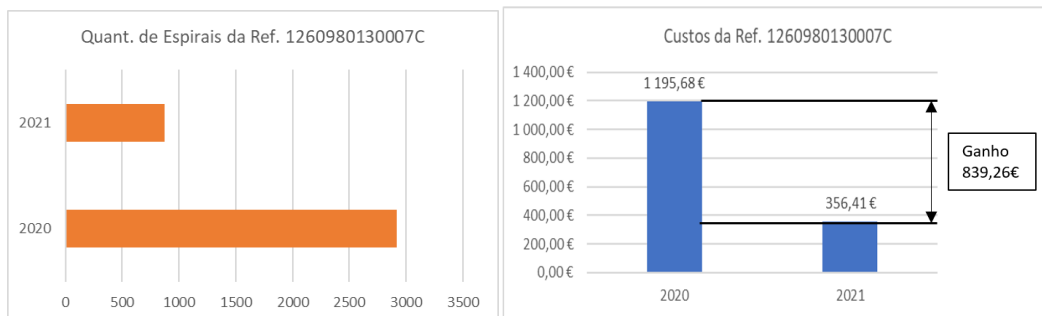


Figura 70 – Ganhos relativamente à quantidade e custos das espirais da referência 1260980130007C

O objetivo principal deste projeto, estabelecido na fase de definição, foi reduzir o número de BNC's. Analisando os BNC's obtidos durante estes dois meses de implementação de melhorias, verificou-se que o objetivo foi cumprido (Figura 71), atingindo menos 10 BNC's por mês.

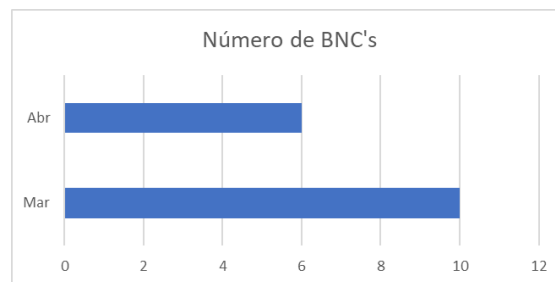


Figura 71 – Número de BNC's atingido

De modo, a estimar-se os ganhos obtidos através do número de BNC's, até ao momento, realizou-se um valor médio mensal dos custos em BNC's, no ano de 2020 e 2021 (Figura 72), pois em 2020 foi um ano atípico devido à situação do vírus SARS-COV-2 e a empresa estar em *layoff* desde março a julho. Ao analisar os dados, concluiu-se que, relativamente ao ano de 2020, se obteve um ganho de 1744,52€. Face ao ganho obtido, concluiu-se que as ações implementadas trouxeram melhorias, no entanto, espera-se que os ganhos obtidos após a conclusão das restantes ações ultrapassem o esperado.

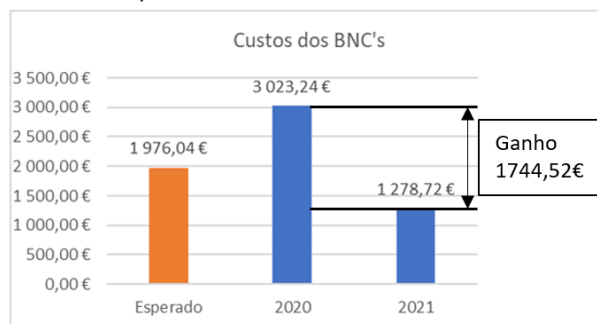


Figura 72 – Ganhos obtidos

ATIVIDADES DE MELHORIA CONTÍNUA

4.1 Otimização do fluxo de comunicação das Auditorias Externas 5S

4.2 Standardização

4 ATIVIDADES DE MELHORIA CONTÍNUA

O segundo subcapítulo descreve o segundo caso de estudo, mencionado uma descrição do estado atual e as melhorias implementadas.

4.1 *Otimização do fluxo de comunicação das Auditorias Externas 5S*

4.1.1 *Descrição do estado atual*

Dentro do programa FIT, existem diversas atividades que promovem a melhoria contínua na FicoCables, uma delas é as auditorias 5S.

As auditorias 5S consistem na análise de um posto de trabalho, numa determinada área, com base numa *CheckList* de 5S, sendo cada “S” constituído por cinco afirmações. As áreas encontram-se divididas em: Áreas Produtivas; Gabinetes e Laboratórios; Armazéns e Oficinas. Para cada uma destas áreas, existe uma *CheckList* específica.

Na FICOSA, existem auditorias internas e externas de 5S. Auditoria externa 5S define-se pela análise de um posto de trabalho por uma pessoa formada em auditoria 5S, pela FICOSA, que não exerça a sua atividade nesse departamento (exemplo: Melhoria Contínua, Higiene e Segurança, Engenharia de Produto aplicam os seus conhecimentos em 5S nas áreas produtivas). A auditoria interna 5S diferencia-se da externa, pois só se aplica às áreas produtivas e consiste numa auditoria realizada por um responsável que exerce funções na área produtiva, mas numa UAP diferente da sua.

Este projeto incidiu sobre as auditorias externas 5S. Atualmente, o processo de comunicação do resultado das auditorias externas segue o seguinte fluxo (Figura 73):

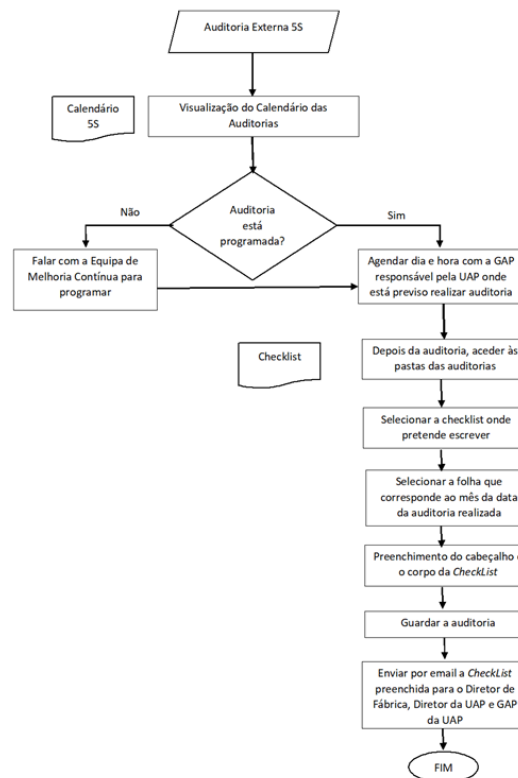


Figura 73 – Processo de comunicação das Auditorias 5S

A análise feita aos resultados é realizada folha a folha, sendo de difícil compreensão e visualização. Deste modo, os diretores de cada departamento têm muita dificuldade em visualizar os resultados obtidos, perceber quais as áreas que estão piores ou melhores, qual é o “S” que está pior, a evolução mensal da sua UAP, e onde se exige implementação de melhorias. Por este motivo, surgiu a necessidade de criar uma ferramenta que permitisse uma visualização e análise dos resultados.

4.1.2 Apresentação da solução implementada

Inicialmente, realizou-se um levantamento das informações que cada diretor necessitava para analisar a sua área e redefiniu-se o número de postos de trabalho de cada UAP. Seguidamente face à informação recolhida, desenvolveu-se uma base de dados, que compila toda a informação necessária recolhida da *CheckList*, tal como: Tipo de área; Área; Código do posto de trabalho; Designação do código; Data de realização; Mês de realização; Informação do auditor; Responsável da área 5S; Pontuação de cada S, sabendo que cada S vale 100%; Pontuação final, sabendo que os 5S correspondem a 100%; Pontuação de cada S, tendo em conta o resultado final.

Para além da informação acima, é possível retirar informação para o seguimento semanal. O seguimento semanal é uma reunião que se realiza no início de todas as semanas, onde se faz um balanço acerca da semana anterior, relativamente às atividades de cada departamento. Na melhoria contínua, é possível recolher informação do número de auditorias realizadas, no geral, em cada UAP, e também a média do resultado das auditorias realizadas por cada UAP.

Após a conclusão da base de dados, realizou-se um ficheiro com recurso a gráficos, que permitisse visualizar melhor a informação retirada da *CheckList*. Neste ficheiro, primeiramente,

aparece um Menu que permite aceder às informações que correspondem à área que se pretende analisar. Neste ficheiro de análise, é possível visualizar os dados, tendo em conta:

- A área produtiva;
- Por UAP;
- A nível global, relativamente a cada tipo de área;
- A lista de TOP's;
- Resultados gerais;
- Seguimento semanal.

Relativamente à análise de cada área produtiva, em cada UAP e a nível global, é possível visualizar cada "S" de forma individual, face ao resultado da auditoria final e a evolução mensal, comparativamente ao objetivo estipulado pela FICOSA. Na lista dos TOP's, existe um pódio que apresenta as áreas com os três melhores e piores resultados, por cada tipo de área, e de forma global. Os resultados gerais permitem analisar a percentagem de cumprimento das auditorias 5S, o número de auditorias realizadas e em falta. Para além disto, obtêm-se um "Overall Score 5S" que tem por base uma taxa de cobertura, pontuação das auditorias 5S tendo em conta o tipo de área e um peso de ponderação, sendo que as auditorias das áreas produtivas têm um maior peso que as restantes. O seguimento semanal possibilita visualizar graficamente o resultado das auditorias 5S e o número de auditorias 5S em cada semana, por cada UAP. No Anexo 4 encontra-se de forma visual o que foi dito anteriormente.

Finalizando, o novo programa de Auditorias Externas 5S pode ser ilustrado da seguinte forma (Figura 74).

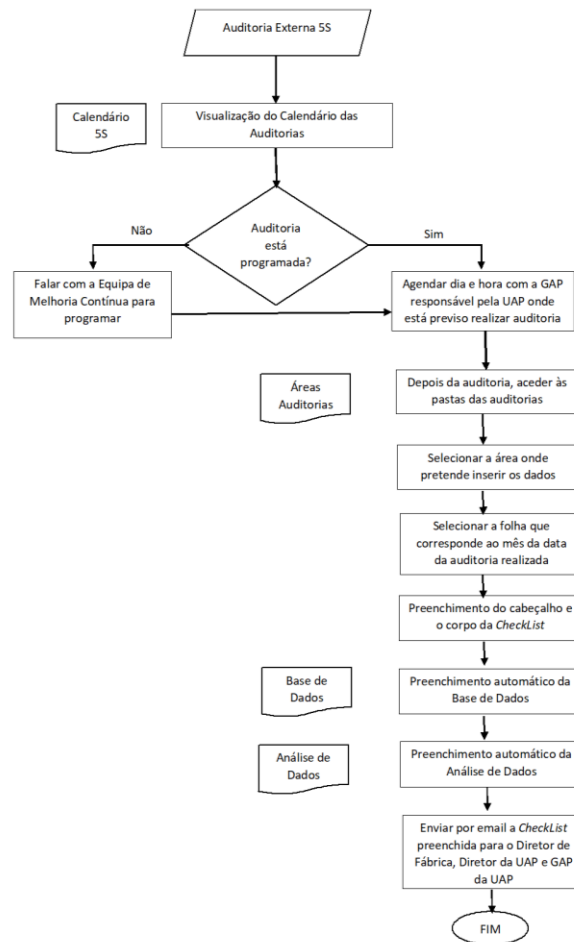


Figura 74 – Novo processo do fluxo de comunicação das Auditorias 5S

4.1.3 Ganhos obtidos

De forma a estimar os ganhos obtidos com esta ferramenta, realizou-se um inquérito que se encontra no Anexo 5. Este inquérito realizou-se às pessoas que estão relacionadas com as auditorias 5S, sendo elas responsáveis das UAP's, de armazém, de departamento e ao diretor de fábrica (Figura 75).



Figura 75 – Descrição da função dos inquiridos

Neste inquérito pretendeu-se conhecer a opinião relativamente à importância: das auditorias 5S para a organização; do impacto da nova ferramenta desenvolvida para análise de resultados; de analisar cada linha de montagem ou equipamento integrado de forma individual; de analisar, de forma individual, cada S, referente a cada linha ou equipamento integrado; e análise dos resultados feita sobre um pódio (Figura 76).

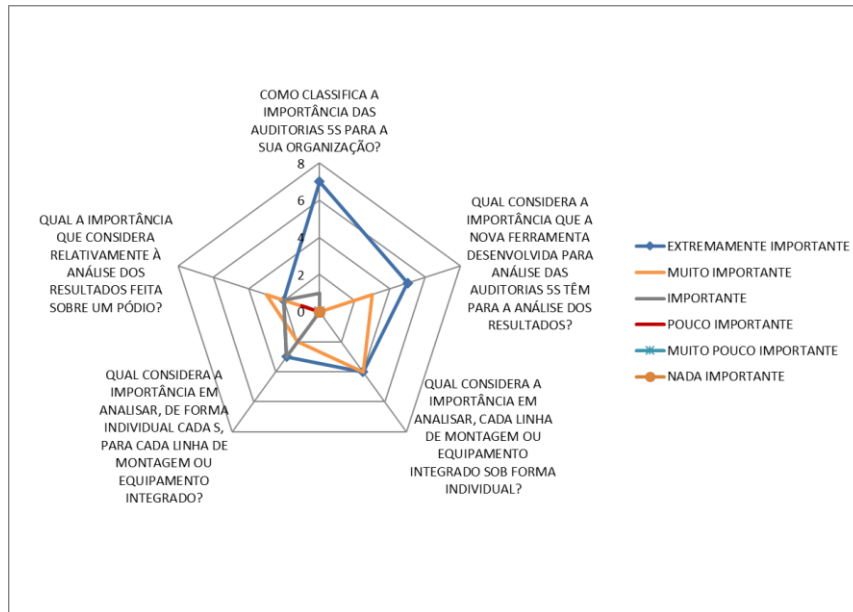


Figura 76 – Inquérito referente à satisfação da ferramenta desenvolvida

Face aos resultados apresentados na Figura 76, conclui-se que:

- A maioria dos inquiridos considera extremamente importante as auditorias 5S;
- Relativamente à importância da ferramenta desenvolvida para a análise de resultados, cerca de 5 inquiridos consideram que é extremamente importante e 3 consideram que é muito importante;
- Metade dos inquiridos considera que é extremamente importante analisar de forma individual cada linha de montagem ou equipamento integrado, sendo que outra metade dos inquiridos considera que é muito importante;
- A opinião relativamente à importância em analisar, cada S, de forma individual, e cada linha de montagem ou equipamento integrado, cerca de 3 inquiridos consideram extremamente importante, 2 opina que é muito importante e 3 declara que é importante;
- À questão sobre a importância da apresentação dos resultados sob a forma de um pódio é muito dispersa, sendo que 2 deram opinião que é extremamente importante, 3 considera que é muito importante, 2 declara que é importante e 1 acha que é pouco importante.

Neste mesmo inquérito, realizou-se uma questão exclusivamente para o diretor de fábrica e responsável da melhoria contínua, sobre a informação que esta ferramenta fornece para o seguimento semanal e para os reportes mensais para a sede (Figura 77).

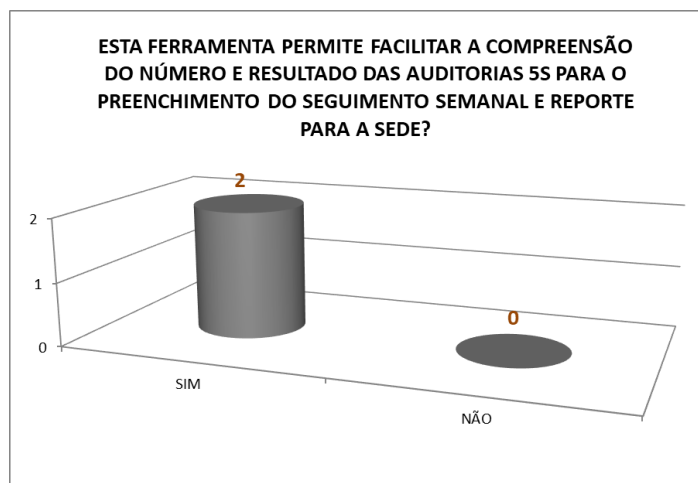


Figura 77 – Questão exclusivas para o diretor de fábrica e melhoria contínua

Ao analisar a Figura 77, verifica-se que ambos consideram que a ferramenta ajuda no preenchimento dos reportes sobre as auditorias 5S.

Este inquérito também questionou se as análises dos resultados obtidos contribuem para o desempenho relativamente às auditorias 5S para o seu departamento/armazém/UAP, se consideram que a ferramenta abrange os pontos essenciais referente às auditorias 5S e se o trabalho foi bem desenvolvido pelo estudante (Figura 78).

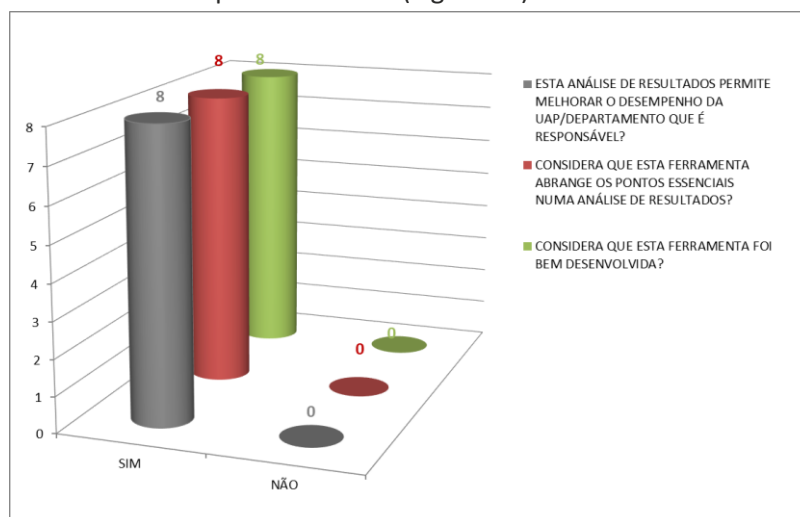


Figura 78 - Inquérito referente ao trabalho desenvolvido pelo estudante

Analisando a Figura 78, verifica-se que na totalidade dos inquiridos se considera que a ferramenta permite melhorar o desempenho do seu departamento/armazém/UAP, considerando ainda que a ferramenta em MS Excel® abrange os pontos fundamentais das Auditorias 5S e que o estudante desenvolveu bem esta aplicação.

Como conclusão, esta ferramenta trouxe diversos ganhos à organização, nomeadamente na análise de resultados.

4.2 Standardização

Ao longo do desenvolvimento do projeto de *Lean Six Sigma*, foram sentidas algumas dificuldades, nomeadamente, na falta de desenhos relativamente às peças que são utilizadas nos equipamentos.

Para além do desenvolvimento de uma ferramenta que permite analisar as Auditorias 5S, também se teve oportunidade de as realizar em fábrica, armazéns, oficinas, laboratório e gabinetes. Em prol do que se visualizava, percebeu-se que a fábrica necessitava de *standardização*. Após algumas pesquisas e diálogo com os colaboradores da FicoCables, teve-se a ideia de criar o Manual da Fábrica, o qual contém toda a documentação e desenhos 2D e 3D sobre peças, imobiliário, quadros de produção, entre outros. O Manual da Fábrica tem como objetivo ajudar a empresa a criar *standardização* dos equipamentos que a fábrica possui.

Para iniciar este manual, começou-se por um Kit de Limpeza 5S, pois o que a empresa possui não apresenta condições. A Figura 79, demonstra o antes e depois do Kit de Limpeza 5S. Este Kit irá ser adaptado a todas as linhas de montagem e equipamentos integrados. No Anexo 6 encontra-se o desenho 2D deste kit.

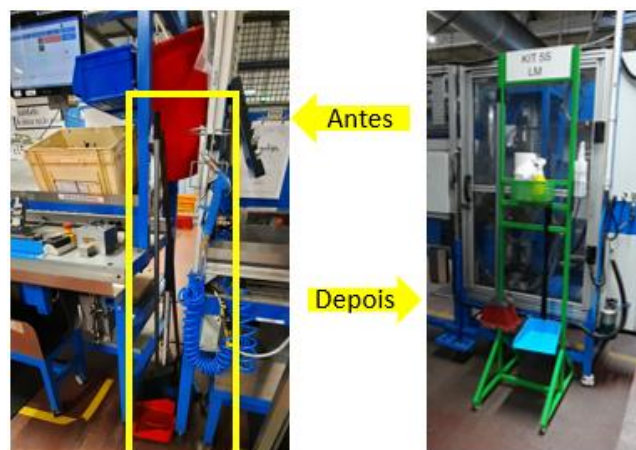


Figura 79 – Kit de limpeza

CONCLUSÕES

5.1 CONCLUSÕES

5.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

Este projeto teve como principal objetivo a otimização da qualidade do produto final no corte da espiral, com o objetivo de reduzir o número de boletins não conformes devido ao comprimento fora de especificação. O desenvolvimento deste projeto foi realizado com recurso à ferramenta DMAIC, a qual se mostrou eficaz para melhorar a estabilidade do processo e a qualidade do produto final.

Com este projeto, foi possível identificar quais as causas-raízes que contribuíram para a variação do comprimento da espiral. Ao identificar as fontes de variação, e com o desenvolvimento e implementação das ações de melhoria, verificou-se que as variáveis que contribuem com maior impacto são as dimensões inadequadas das guias e a torção que ocorre no arame no processo de fabrico.

Não foi possível concluir todas as ações de melhoria, no entanto, até ao momento, conseguiu-se um ganho mensal de 1744,52€ comparativamente com o ano 2020, atingindo o principal objetivo definido no início do projeto, o máximo de 10 BNC's por mês.

Relativamente à ferramenta desenvolvida para as Auditorias 5S e as atividades de standardização, verificou-se que não se obteve um ganho monetário, no entanto, trouxe inúmeras vantagens para a organização. A ferramenta para as Auditorias 5S trouxe vantagens, como: a redução no tempo na análise dos dados, no preenchimento do seguimento semanal e sobretudo analisa-se os dados, de forma visual, com mais facilidade. O inquérito realizado comprovou a sua utilidade, fornecendo resultados francamente favoráveis. Face ao processo de *standardização* desenvolvido, este permite uniformizar os equipamentos e ferramentas utilizadas na fábrica de modo a realizar o trabalho da melhor forma, gerando produto de alta qualidade e maior produtividade, reduzindo os desperdícios.

5.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, é necessário validar o conceito de guia desenvolvido para as restantes referências e completar o plano de monitorização.

Neste projeto, ainda não se estudaram todas as variáveis que contribuem para a variação de comprimento da espiral. Por este motivo, recomenda-se que para futuro, deve realizar-se testes: Para cada tipo de revestimento da espiral; Ao arrasto que é utilizado na máquina chinesa; Se ocorre torção do arame na pré-laminagem.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE
INFORMAÇÃO**

6 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Abdolshah, M., Ismail, M. Y. B., Yusuff, R. M., & Hong, T. S. (2009). Overcoming the challenges of implementing six sigma in service industries. *Proceedings - 2009 International Conference on Information Management and Engineering, ICIME 2009*, 191–195. <https://doi.org/10.1109/ICIME.2009.120>
- Agarwal, S., Gallo, J. J., Parashar, A., Agarwal, K. K., Ellis, S. G., Khot, U. N., ... Kapadia, S. R. (2016). Impact of lean six sigma process improvement methodology on cardiac catheterization laboratory efficiency. *Cardiovascular Revascularization Medicine*, 17(2), 95–101. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2015.12.011>
- Agrahari, R. S., Dangle, P. A., & Chandratre, K. V. (2015). Implementation Of 5S Methodology In The Small Scale Industry: A Case Study. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 4(4), 180–187.
- Ahmad, R., Syazwan, M., & Soberi, F. (2017). Changeover process improvement based on modified SMED method and other process improvement tools application : an improvement project of 5-axis CNC machine operation in advanced composite manufacturing industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(1–4), 433–450. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0827-7>
- Aized, T. (2012). *Total Quality Management and Six Sigma* (1st Editio).
- Al-Aomar, R. (2011). Applying 5S Lean Technology : An Infrastructure for Continuous Process Improvement. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 5(12), 1100–1105.
- Alefari, M., Salonitis, K., & Xu, Y. (2017). The Role of Leadership in Implementing Lean Manufacturing. *Procedia CIRP*, 63, 756–761. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.169>
- Anderson, U. L., Head, M. J., Ramamoorti, S., Riddle, C., Salamasick, M., & Sobel, P. J. (2017). *Internal Auditing*.
- Andrade, D. F. (2017). Seis Sigma. In *Seis Sigma Coletânea de Artigos volume 1* (1st Editio). <https://doi.org/10.5935/978-85-93729-06-5.2017b001>
- Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2017). Standardization and optimization an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, 13(2017), 1120–1127. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.173>
- Antony, J. (2006). Six sigma for service processes. *Business Process Management Journal*, 12(2), 234–248. <https://doi.org/10.1108/14637150610657558>
- Antony, J. (2008). Can Six Sigma be effectively implemented in SMEs? *International*

- Journal of Productivity and Performance Management*, 57(5), 420–423.
<https://doi.org/10.1108/17410400810881863>
- Antony, J., & Banuelas, R. (2002). Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. *Measuring Business Excellence*, 6(4), 20–27.
<https://doi.org/10.1108/13683040210451679>
- Arunagiri, P., & Gnanavelbabu, A. (2014). Identification of Major Lean Production Waste in Automobile Industries using Weighted Average Method. *Procedia Engineering*, 97, 2167–2175. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.460>
- Ashby, M., & Johnson, K. (2002). Material Profiles. In *Materials and Design: The Art and Science of Material Selection in Product Design*. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-26530-5>
- Ashraf, S. R. Bin, Rashid, M. M., & Rashid, A. R. M. H. (2017). Implementation of 5S Methodology in a Food & Beverage Industry: A Case Study 5S. *International Research Journal of Engineering and Technology*, (March). Retrieved from www.irjet.net
- Asif, M. (2019). Lean Six Sigma institutionalization and knowledge creation: towards developing theory. *Total Quality Management and Business Excellence*, 1(1), 1–18. <https://doi.org/10.1080/14783363.2019.1640598>
- Azevedo, J., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Santos, G., Cruz, F. M., Jimenez, G., & Silva, F. J. G. (2019). Improvement of Production Line in the Automotive Industry Through Lean Philosophy. *Procedia Manufacturing*, 2019(41), 1023–1030.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.029>
- Azizi, A., & Manoharan, T. a/p. (2015). Designing a Future Value Stream Mapping to Reduce Lead Time using SMED-A Case Study. *Procedia Manufacturing*, 2(February), 153–158. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.027>
- Baptista, A., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, S., & Pinto, G. (2020). Applying DMADV on the industrialization of updated components in the automotive sector : a case study. *Procedia Manufacturing*, 51(2020), 1332–1339.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.186>
- Barbosa, B., Pereira, M. T., Silva, F. J. G., & Campilho, R. D. S. G. (2017). Solving Quality Problems in Tyre Production Preparation Process: A Practical Approach. *Procedia Manufacturing*, 11(2017), 1239–1246.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.250>
- Barot, R. S., Patel, J., Sharma, B., Rathod, B., Solanki, H., & Patel, Y. (2019). Lean six sigma feasibility and implementation aspect in cast iron foundry. *Materials Today: Proceedings*, 28(xxxx), 1084–1091. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.01.087>
- Bloj, M. D., Moica, S., & Veres, C. (2020). Lean six sigma in the energy service sector: A case study. *Procedia Manufacturing*, 46(2019), 352–358.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.03.051>
- Boca, D. G. (2011). Kaizen Method in Production Management. *International Scientific Conference YOUNG SCIENTISTS*, (October), 13–20.

- <https://doi.org/10.13140/2.1.1104.7680>
- Chakraborty, A., & Chuan, K. (2012). Qualitative and Quantitative Analysis of Six Sigma in Service Organizations. In *Total Quality Management and Six Sigma*.
<https://doi.org/10.5772/46104>
- Chandrasekaran, R., Campilho, R. D. S. G., & Silva, F. J. G. (2019). Reduction of scrap percentage of cast parts by optimizing the process parameters. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 1050–1057.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.191>
- Choomlucksana, J., Ongsaranakorn, M., & Suksabai, P. (2015). Improving the Productivity of Sheet Metal Stamping Subassembly Area Using the Application of Lean Manufacturing Principles. *Procedia Manufacturing*, 2(2015), 102–107.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.090>
- Conceição, R., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Sá, J. C. (2018). Lean Manufacturing Applied to the Production and Assembly Lines of Complex Automotive Parts. In S. J. G. & F. L. C. Pinto (Eds.), *Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities and Challenges*. Retrieved from
<https://mail.google.com/mail/u/0/?pli=1%5Cnpapers3://publication/uuid/D84FC782-E317-4880-B951-0697213436E1>
- Correia, D., Silva, F. J. G., Gouveia, R. M., Pereira, T., & Ferreira, L. P. (2018). Improving manual assembly lines devoted to complex electronic devices by applying Lean tools. *Procedia Manufacturing*, 17(2018), 663–671.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.115>
- Costa, C., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Silva, F. J. G. (2018). *Implementation of 5S Methodology in a Metalworking Company*. (November 2018), 001–012.
<https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2018.01>
- Costa, J. P., Lopes, I. S., & Brito, J. P. (2019). Six Sigma application for quality improvement of the pin insertion process. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 1592–1599. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.126>
- Costa, T., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017). Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology. *Procedia Manufacturing*, 13(2017), 1104–1111. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.171>
- Cunha, C., & Dominguez, C. (2015). A DMAIC Project to Improve Warranty Billing's Operations: A Case Study in a Portuguese Car Dealer. *Procedia Computer Science*, 64(00351), 885–893. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.603>
- Dias, P., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, L. P., & Santos, T. (2019). Analysis and Improvement of an Assembly Line in the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 1444–1452.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.143>
- Drohomeretski, E., Gouveia da Costa, S. E., Pinheiro de Lima, E., & Da Silva, W. V. (2016). Fatores críticos para o sucesso do seis sigma: um levantamento do impacto do tempo de empresa e do treinamento na indústria alimentícia. *Revista*

- Produção Online*, 16(2), 475. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v16i2.1949>
- Duret, D., & Pillet, M. (2009). O Conceito de Qualidade. In *Qualidade na Produção da ISO 9000 ao Seis Sigma* (pp. 22–35).
- Fernandes, J. P. R., Godina, R., Pimentel, C. M. O., & Matias, J. C. O. (2019). The Impact of 5S + 1S Methodology on Occupational Health and Safety. In Francisco J. G. Silva & L. P. Ferreira (Eds.), *Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities and Challenges* (pp. 101–122). <https://doi.org/978-1-53615-726-0>
- Ferreira, C., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Lopes, M. P., Pereira, T., & Silva, F. J. G. (2019). ILeanDMAIC - A methodology for implementing the lean tools. *Procedia Manufacturing*, 41(2019), 1095–1102. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.038>
- Ficosa. (2021). Ficosa. Retrieved from <https://www.ficosa.com/company/global-presence/>
- Filip, F. C., & Marascu-Klein, V. (2015). The 5S lean method as a tool of industrial management performances. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 95(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/95/1/012127>
- Flozino, A. V. B., & Silvério, F. H. (2014). Auditoria interna e sua importância para micro e pequenas empresas. *Revista InterAtividade*, 131–141.
- Fonseca, L. (1988). Filosofias da qualidade: desenvolvimento duma cultura da qualidade na empresa. *Associated Merchandise Corporation*, Vol. 3, pp. 1–13. Retrieved from http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/5020/1/ART.LuisFonseca_1988.1.pdf.pdf%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Filosofias+da+Qualidade+-+Desenvolvimento+Duma+Cultura+da+Qualidade+na+Empresa#0
- Fonseca, L. (2017). In search of Six Sigma in Portuguese SMEs. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 8(1), 31–38.
- Galdino, S. V., Reis, É. M. B. dos, Santos, C. B., Soares, F. P., Lima, F. S., Caldas, J. G., ... Oliveira, A. D. S. (2016). Ferramentas de qualidade na gestão dos serviços de saúde: revisão integrativa de literatura. *Revista Eletronica Gestão & Saúde*, 7(1982–4785), 1023–1057. <https://doi.org/10.18673/gs.v0isupl..22005>
- George, M. L. (2003). Lean Six Sigma for Service : How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions. In *Group*. <https://doi.org/10.1036/0071436359>
- George, M. L., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). The Lean Six Sigma Pocket Toolbook. In *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook*. McGraw-Hill.
- Gomes, D. F., Lopes, M. P., & De Carvalho, C. V. (2013). Serious Games for lean Manufacturing: The 5S Game. *Revista Iberoamericana de Tecnologias Del Aprendizaje*, 8(4), 191–196. <https://doi.org/10.1109/RITA.2013.2284955>
- Gorenflor, G., & Moran, J. W. (2009). The ABCs of PDCA. *Hydrocarbon Engineering*, 14(7), 30–38.

- Hassan, M. K. (2013). Applying Lean Six Sigma for Waste Reduction in a Manufacturing Environment. *American Journal of Industrial Engineering*, 1(2), 28–35. <https://doi.org/10.12691/ajie-1-2-4>
- Instituto Português da Qualidade. (2003). NP EN ISO 19011:2003 -Linhas de orientação para auditorias a sistemas de gestão. *Norma Portuguesa*, 1–39.
- Instituto Português da Qualidade. (2015). NP EN ISO 9000:2015 Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário. *Norma Portuguesa*, 58.
- Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento. (2009). *Glossário da Auditoria*. Retrieved from www.ipad.mne.gov.pt
- International Organization for Standardization. (2015). NP EN ISO 9001:2015 - Sistemas de Gestão da Qualidade. *Instituto Português Da Qualidade*, pp. 1–40.
- Jayathirtha, R. V, & Raghunath A. (2013). Barriers for implementation of Six Sigma by Small and Medium Enterprises. *International Journal of Advancements in Research & Technology*, 2(August), 1–7.
- Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., & Espinosa, M. del M. (2015). 5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. *Safety Science*, 78, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.022>
- Jirasukprasert, P., Garza-reyes, J. A., Soriano-meier, H., & Rocha-lona, L. (2012). A Case Study of Defects Reduction in a Rubber Gloves Manufacturing Process by Applying Six Sigma Principles and DMAIC Problem Solving Methodology. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 472–481.
- Knechtges, P., & Decker, M. C. (2014). Application of kaizen methodology to foster departmental engagement in quality improvement. *Journal of the American College of Radiology*, 11(12), 1126–1130. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2014.08.027>
- Kumar, M., Antony, J., Singh, R. K., Tiwari, M. K., & Perry, D. (2006). Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME : a case study. *Production Planning & Control*, 17(4), 407–423. <https://doi.org/10.1080/09537280500483350>
- Kumar, Maneesh, Antony, J., Antony, F. J., & Madu, C. N. (2006). Winning Customer Loyalty in an Automotive Company through Six Sigma : a Case Study. *QUALITY AND RELIABILITY ENGINEERING INTERNATIONAL*, 23, 849–866. <https://doi.org/10.1002/qre>
- Lenort, R., Staš, D., Holman, D., & Wicher, P. (2017). A3 Method as a Powerful Tool for Searching and Implementing Green Innovations in an Industrial Company Transport. *Procedia Engineering*, 192(2017), 533–538. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.092>
- Lighter, D. E. (2014). The application of Lean Six Sigma to provide high-quality, reliable pediatric care. *International Journal of Pediatrics and Adolescent Medicine*, 1(1), 8–10. <https://doi.org/10.1016/j.ijpam.2014.09.009>

- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* (2^o Edição, Vol. 2004).
- Lopes, R. B., Teixeira, L., & Ferreira, C. (2019). Lean Thinking Across The Company: Successful Cases in The Manufacturing Industry. In *Lean Manufacturing* (1st Editio, pp. 1–30).
- Lopes, R., Silva, F. J. G., Godina, R., Campilho, R., Dieguez, T., Ferreira, L. P., & Baptista, A. (2021). Reducing scrap and improving an air conditioning pipe production line. *Procedia Manufacturing*, 51(2020), 1410–1415. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.196>
- Mahendru, S., & Singh, B. (2015). DMAIC-Measuring the PVC Pipe Manufacturing Process. *American Journal of Economics, Finance and Management*, 1(4), 293–303.
- Maiczuk, J., Paulo, P., & Júnior, A. (2013). Aplicação De Ferramentas De Melhoria De Qualidade E Produtividade Nos Processos Produtivos: Um Estudo De Caso. *Aplicação De Ferramentas De Melhoria De Qualidade E Produtividade Nos Processos Produtivos: Um Estudo De Caso*, 14(1), 1–14. <https://doi.org/10.18391/qualitas.v14i1.1599>
- Masaaki, I. (1970). *Kaizen - The Key to Japan's Competitive Success*.
- Mast, J., & Lokkerbol, J. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics*, 139(2), 604–614. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.05.035>
- Monteiro, C., Ferreira, L. P., Fernandes, N. O., Silva, F. J. G., & Amaral, I. (2019). Improving Machining Process of the Metalwork Industry by Upgrading Operative Sequences, Standard Manufacturing Times and Production Procedure Changes. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 1713–1722. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.106>
- Montgomery, D. C. (1985). Introduction To Statistical Quality Control. In *Plastics and rubber international* (6th Editio, Vol. 10). <https://doi.org/10.2307/2988304>
- Moreira, A., Silva, F. J. G., Correia, A. I., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Almeida, F. (2018). Cost Reduction and quality improvements in the printing industry. *Procedia Manufacturing*, 17(2018), 623–630.
- Mostafa, S., & Dumrak, J. (2015). Waste Elimination for Manufacturing Sustainability. *Procedia Manufacturing*, 2(February), 11–16. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.003>
- Naylor, J. Ben, Naim, M. M., & Berry, D. (1999). Leagility: integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain. *International Journal of Production Economics*, 62(1), 107–118. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00223-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00223-0)
- Neves, P., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., Gouveia, A., & Pimentel, C. (2018). Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products. *Procedia Manufacturing*, 17(2018), 696–704.

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.119>

- Niñerola, A., Sánchez-Rebull, M. V., & Hernández-Lara, A. B. (2020). Quality improvement in healthcare: Six Sigma systematic review. *Health Policy*, 124(4), 438–445. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2020.01.002>
- Nonthaleerak, P., & Hendry, L. C. (2006). Six Sigma: Literature review and key future research areas. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 2(2), 105–161. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2006.010111>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System*.
- Oliveira, M. S., Moreira, H. D. A., Alves, A. C., & Ferreira, L. P. (2020). Using Lean Thinking Principles To Reduce Wastes In Reconfiguration Of Car Radio Final Assembly Lines. *Procedia Manufacturing*, 41, 803–810. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.09.073>
- Paliska, G., Pavletic, D., & Sokovic, M. (2007). Quality tools—systematic use in process industry. *Journal of Achievements in ...*, 25(1), 79–82.
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2016). *The Six Sigma Way How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance* (Vol. 4).
- Pepper, M. P. J., & Spedding, T. A. (2010). The evolution of lean Six Sigma. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 27(2), 138–155. <https://doi.org/10.1108/02656711011014276>
- Pereira, J., Silva, F. J. G., Bastos, J. A., Ferreira, L. P., & Matias, J. C. O. (2019). Application of the A3 Methodology for the Improvement. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 745–754. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.101>
- Pereira, M. T., Inês Bento, M., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Silva, F. J. G. (2019). Using Six Sigma to analyse Customer Satisfaction at the product design and development stage. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 1608–1614. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.124>
- Pereira, T., Neves, A. S. L., Silva, F. J. G., Godina, R., Morgado, L., & Pinto, G. F. L. (2020). Production process analysis and improvement of corrugated cardboard industry. *Procedia Manufacturing*, 51(2020), 1395–1402. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.194>
- Peters, E. N. (2002). Plastics: Thermoplastics, Thermosets, and Elastomers. In *Handbook of Materials Modeling*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-50257-1>
- Pinto, J. P. (2008). *Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro*.
- Pombal, T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., Pereira, M. T., & Silva, F. J. G. (2019). Implementation of Lean Methodologies in the Management of Consumable Materials in the Maintenance Workshops of an Industrial Company. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 975–982. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.181>
- Pugna, A., Negrea, R., & Miclea, S. (2016). Using Six Sigma Methodology to Improve the

- Assembly Process in an Automotive Company. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 221, 308–316. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.120>
- Rocha, H. T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2018). Analysis and Improvement of Processes in the Jewelry Industry. *Procedia Manufacturing*, 17(2018), 640–646. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.110>
- Roldão, V. S., & Ribeiro, J. S. (2007). Gestão da Qualidade. In *Gestão das Operações - Uma abordagem integrada* (pp. 300–305).
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017). SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 13(2017), 1034–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.110>
- Rosa, Conceição, Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017). Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1035–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.214>
- Rosa, Conceição, Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., & Gouveia, R. (2018). Establishing Standard Methodologies To Improve The Production Rate Of Assembly Lines Used For Low Added-Value Products. *Procedia Manufacturing*, 17(2018), 555–562. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.096>
- Rungtusanatham, M. (1999). The Quality and Motivational Effects of Statistical Process Control. *Journal of Quality Management*, 4(2), 243–264. [https://doi.org/10.1016/s1084-8568\(99\)00015-2](https://doi.org/10.1016/s1084-8568(99)00015-2)
- Santos, H., Pereira, M. T., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2018). A Novel Rework Costing Methodology Applied to a Bus Manufacturing Company. *Procedia Manufacturing*, 17(2018), 631–639. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.109>
- Shettar, M., Hiremath, P., Chauhan, V. R., & R, N. (2015). KAIZEN – A case study. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 5(5), 101–103.
- Silva, A. S., Medeiros, C. F., & Vieira, R. K. (2017). Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company. *Journal of Cleaner Production*, 150, 324–338. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.033>
- Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, L. P., & Pereira, M. T. (2018). Establishing Guidelines to Improve the High-Pressure Die Casting Process of Complex Aesthetics Parts. *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 7, 887–896. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-898-3-887>
- Silva, F. J.G., Morgado, L., Teixeira, A., Sá, J. C., Ferreira, L. P., & de Almeida, F. (2020). Analysis and development of a failure prediction model for electrical terminals used in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 51(2020), 207–214. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.030>
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2010). *Operations Management* (6^o Edition).

- Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 238, 590–596. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.039>
- Snee, R. D. (2004). Six-Sigma: the evolution of 100 years of business improvement methodology. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 1(1), 4–20. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2004.005274>
- Soković, M., Jovanović, J., Krivokapić, Z., & Vujović, A. (2009). Basic Quality Tools in Continuous Improvement Process. *Strojnicki Vestnik/Journal of Mechanical Engineering*, 55(5).
- Sousa, E., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, M. T., Gouveia, R., & Silva, R. P. (2018). Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*, 17(2018), 611–622. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.103>
- Sousa, Eduardo, Silva, F. J. G., Pimental, C. M. O., & Ferreira, L. P. (2019). SMED Applied to Composed Cork Stoppers. In Francisco J. G. Silva & L. P. Ferreira (Eds.), *Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities and Challenges* (pp. 225–253).
- Sremcevic, N., Lazarevic, M., Krainovic, B., Mandic, J., & Medojevic, M. (2018). Improving teaching and learning process by applying Lean thinking. *Procedia Manufacturing*, 17(2018), 595–602. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.101>
- Srinivasan, K., Muthu, S., Devadasan, S. R., & Sugumaran, C. (2014). Enhancing effectiveness of shell and tube heat exchanger through six sigma DMAIC phases. *Procedia Engineering*, 97(2014), 2064–2071. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.449>
- Srinivasan, K., Muthu, S., Prasad, N. K., & Satheesh, G. (2014). Reduction of paint line defects in shock absorber through Six Sigma DMAIC phases. *Procedia Engineering*, 97, 1755–1764. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.327>
- Staudter, C., Mollenhauer, J.-P., Meran, R., Roenpage, O., Hugo, C. von, & Hamalides, A. (2008). *Design for Six Sigma + LeanToolset: implementando inovações com sucesso*.
- Tanik, M., & Sen, A. (2012). A six sigma case study in a large-scale automotive supplier company in Turkey. *Total Quality Management and Business Excellence*, 23((3–4)), 343–358. <https://doi.org/10.1080/14783363.2011.637798>
- Tavares, C., Silva, F. J. G., Correia, A. I., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Almeida, F. (2018). Study On The Optimization Of The Textile Coloristic Performance Of The Bleaching Process Using Pad-Steam. *Procedia Manufacturing*, 17(2018), 758–765. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.126>
- Veres, C., Marian, L., Moica, S., & Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, 22, 900–905. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.127>
- Vieira, A. M., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Pereira, T. (2021). SMED methodology applied to the deep drawing process in the

- automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 51(2020), 1416–1422.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.197>
- Vieira, T., Sá, J. C., Lopes, M. P., Santos, G., Félix, M. J., Ferreira, L. P., ... Pereira, M. T. (2019). Optimization of the cold profiling process through SMED. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 892–899.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.171>
- Werkema, C. (2012). *Criando a Cultura Lean Seis Sigma* (3º Edição; Elsevier, Ed.).
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1987). *Lean Thinking - Banish Waste And Create Wealth in Your Corporation*. <https://doi.org/10.1007/BF01807056>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed The World*. 323.

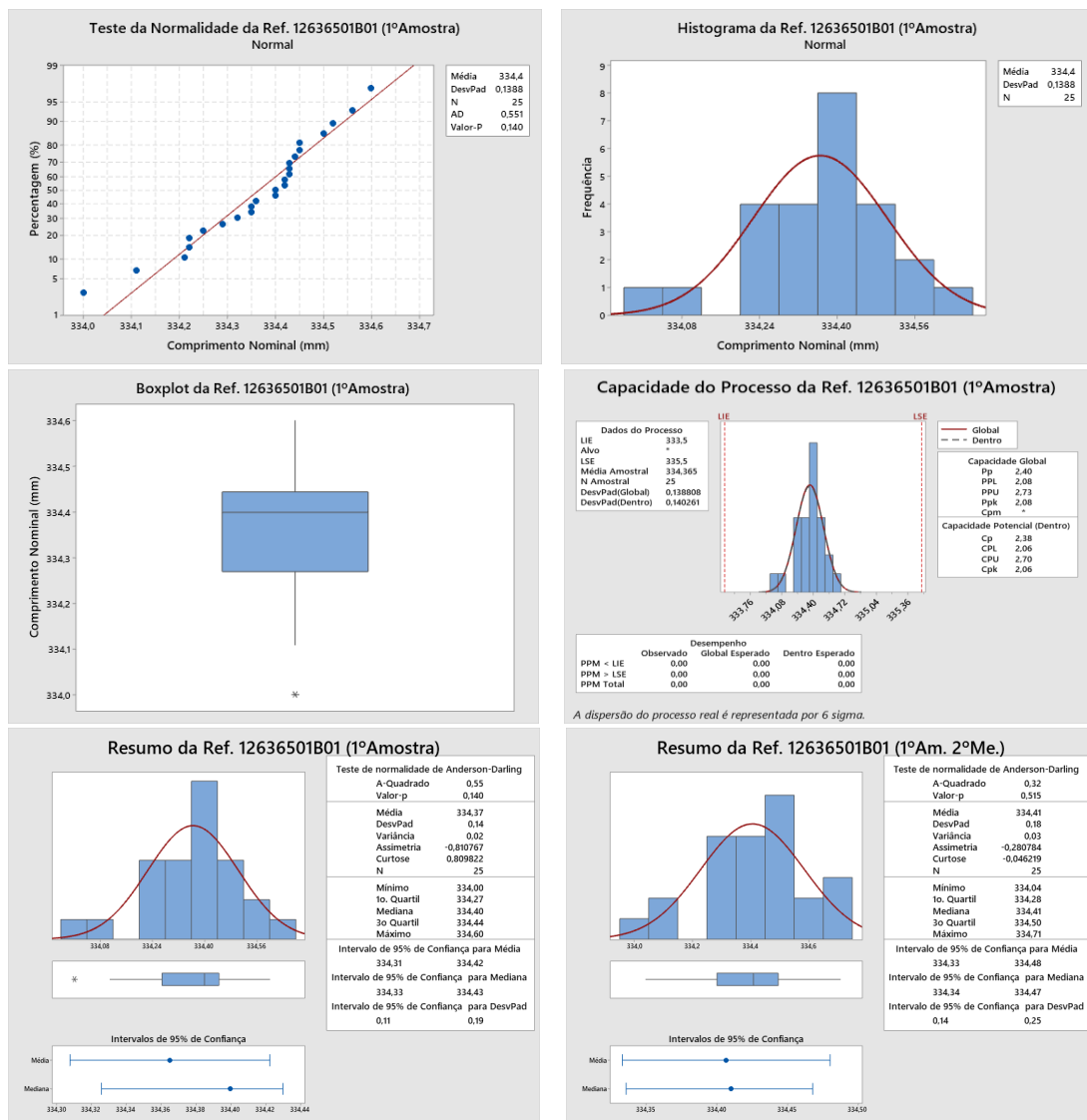
ANEXOS

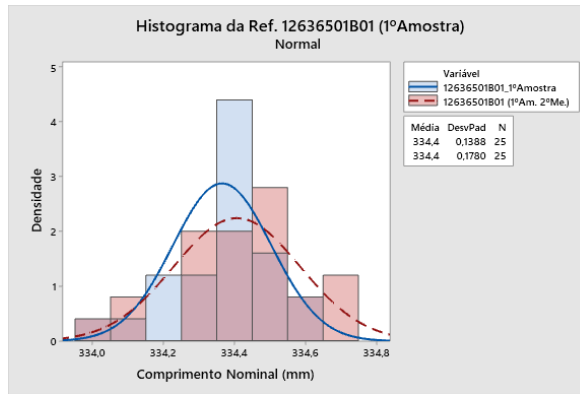
- 7.1 Anexo 1 - Resultados Obtidos por referência na fase de Medir
- 7.2 Anexo 2 – Resultados obtidos nos testes na fase de análise
- 7.3 Anexo 3 – Ações e resultados das implementações de melhoria
 - 7.4 Anexo 4 - Auditorias 5S

7 ANEXOS

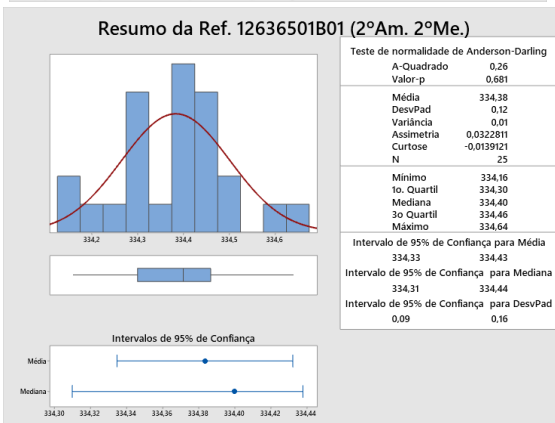
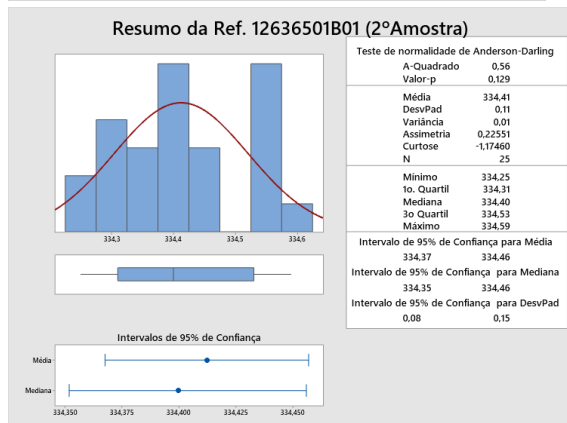
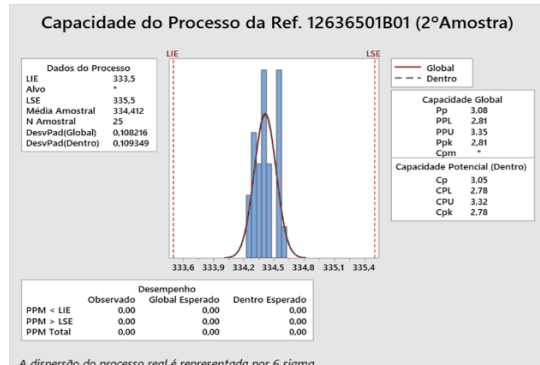
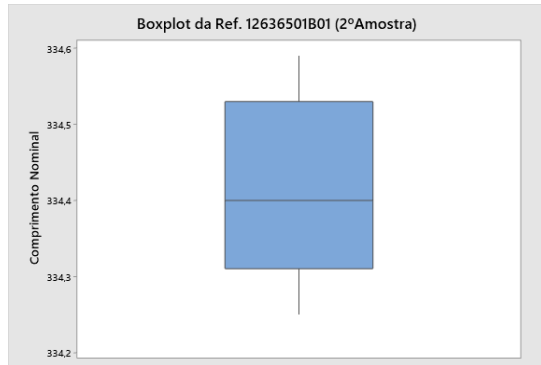
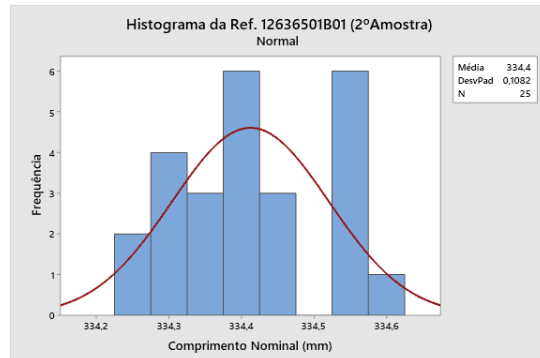
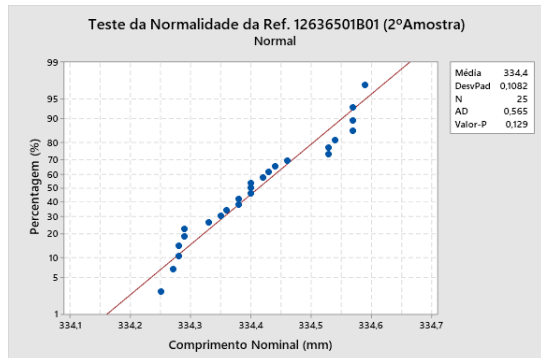
7.1 Anexo 1 - Resultados Obtidos por referência na fase de Medir

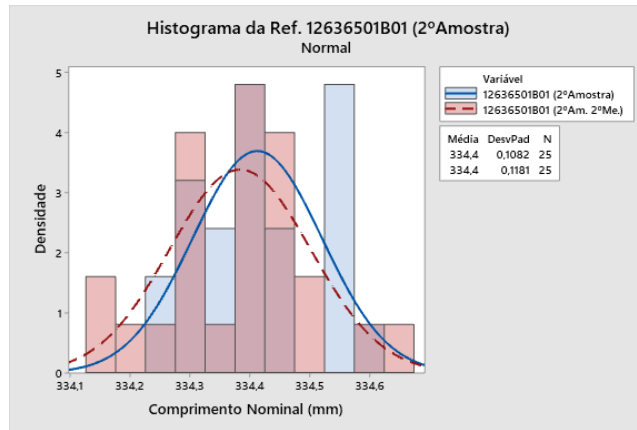
Referência da Espiral - 12636501B01 (1º Amostra)



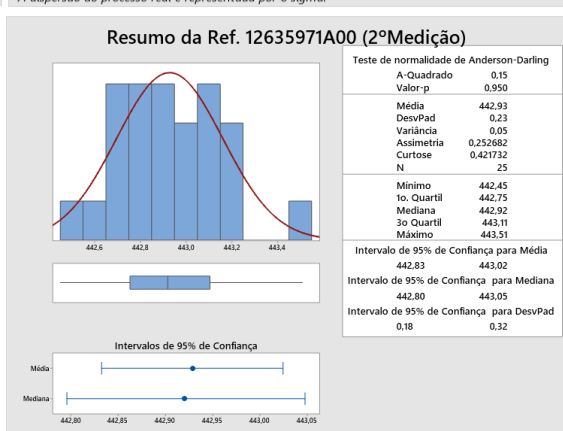
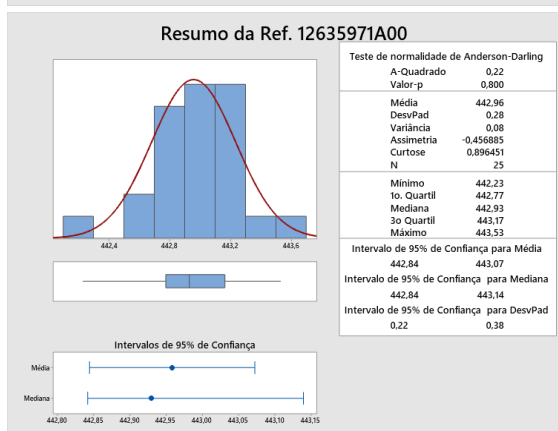
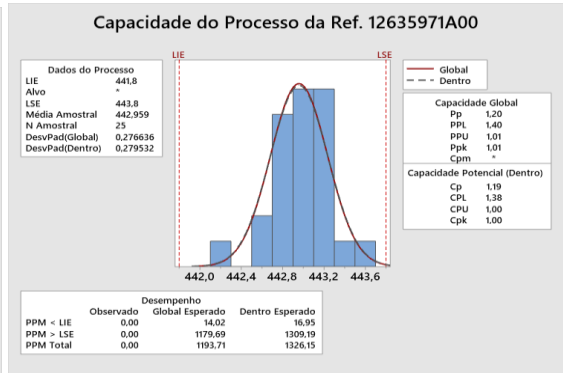
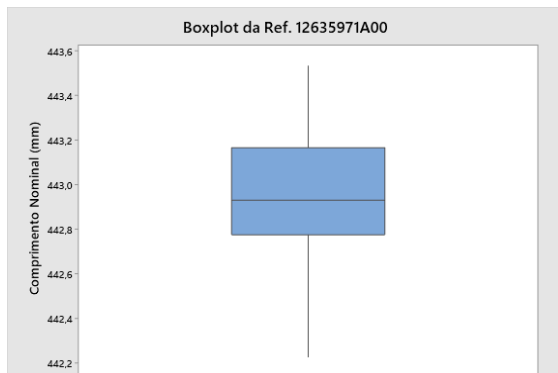
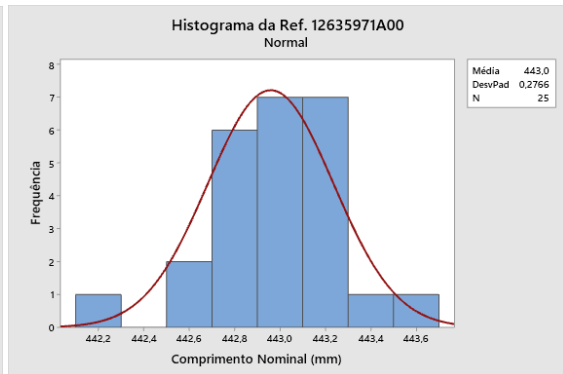
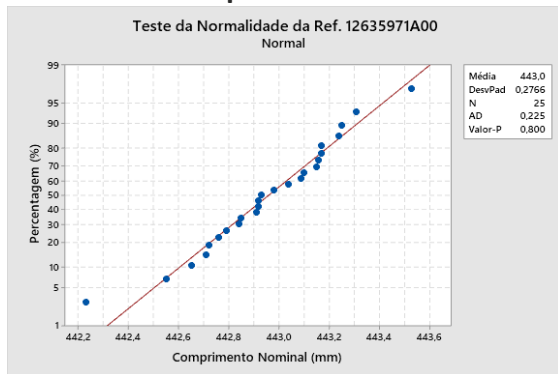


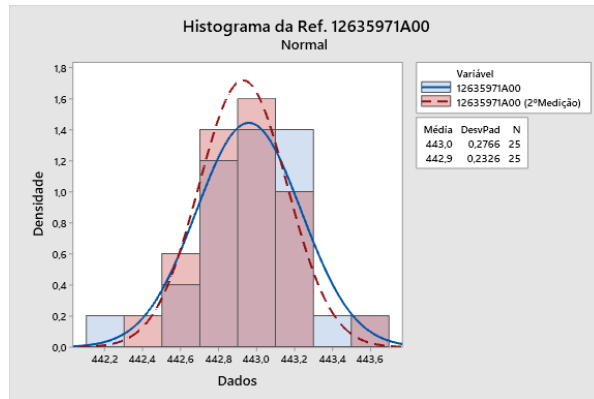
Referência da Espiral - 12636501B01 (2º Amostra)



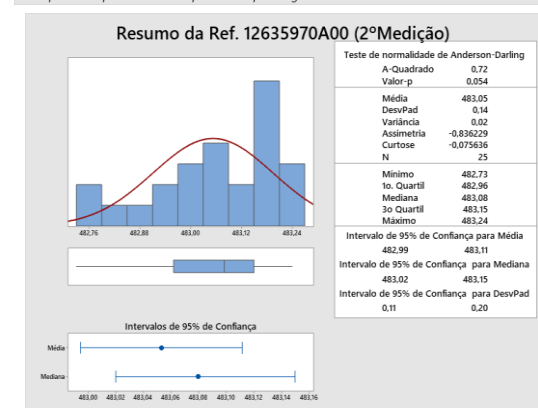
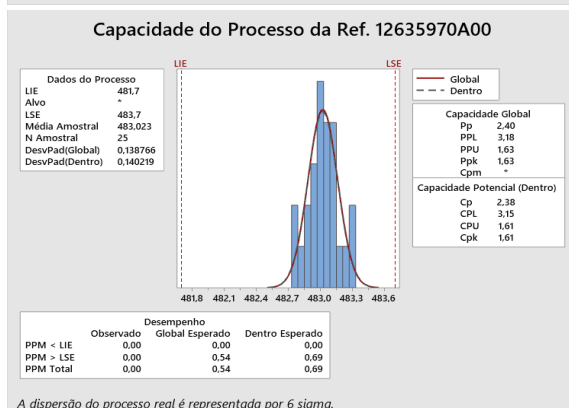
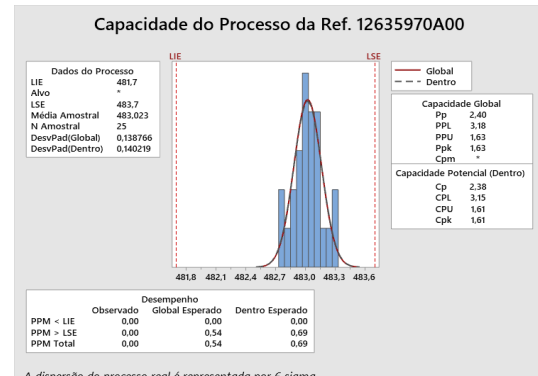
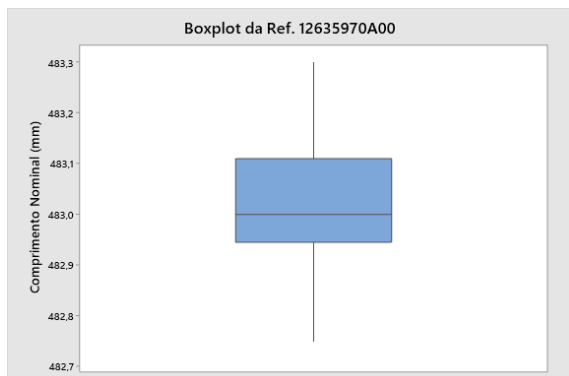
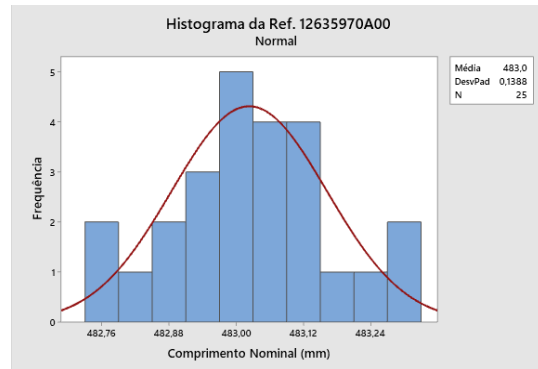
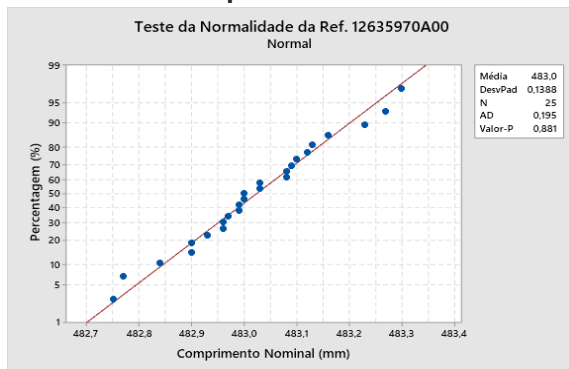


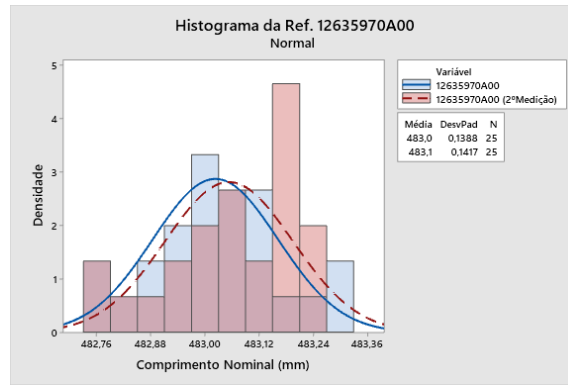
Referência da Espiral - 12635971A00



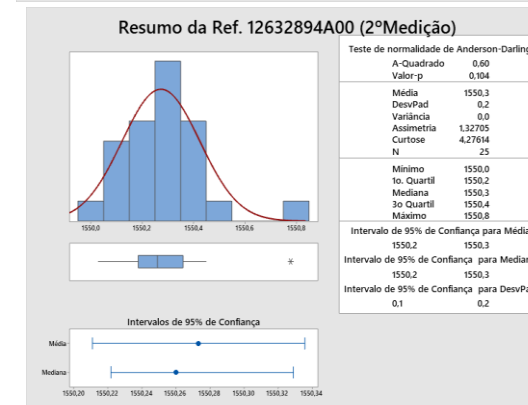
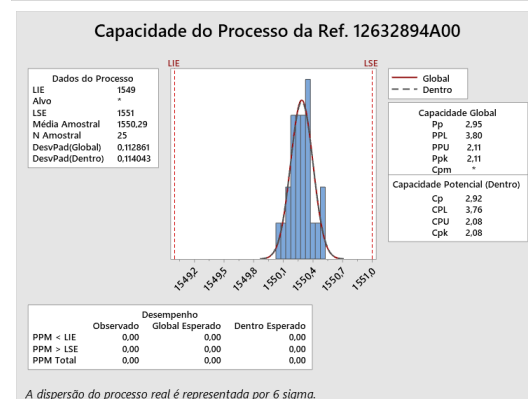
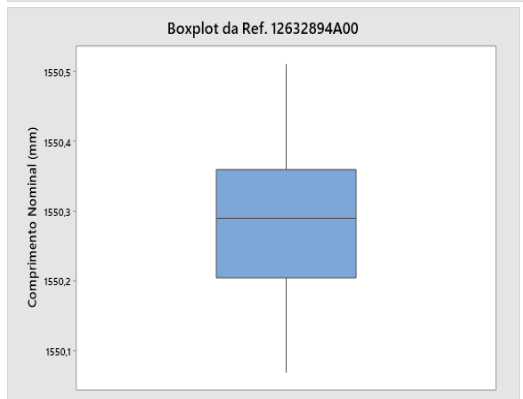
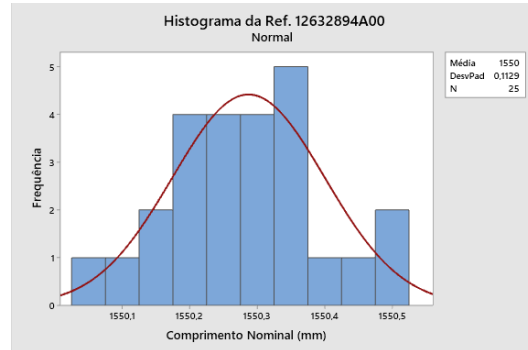
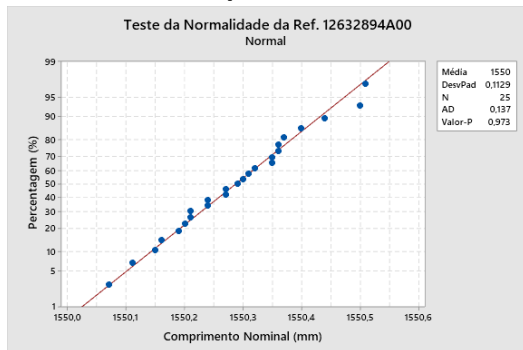


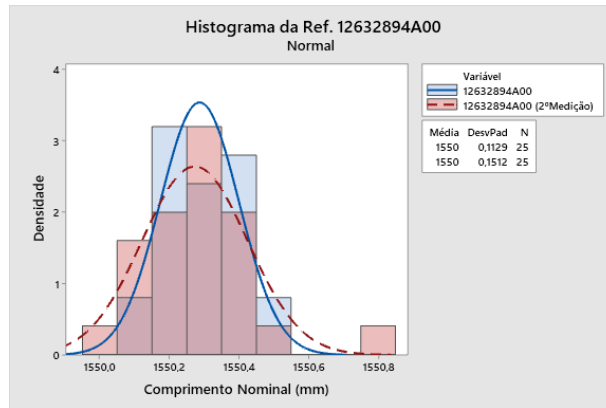
Referência da Espiral - 12635970A00



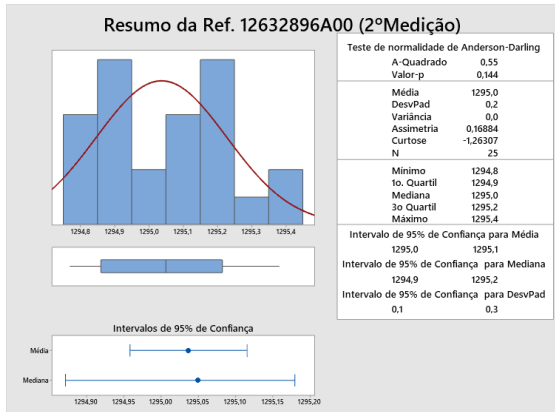
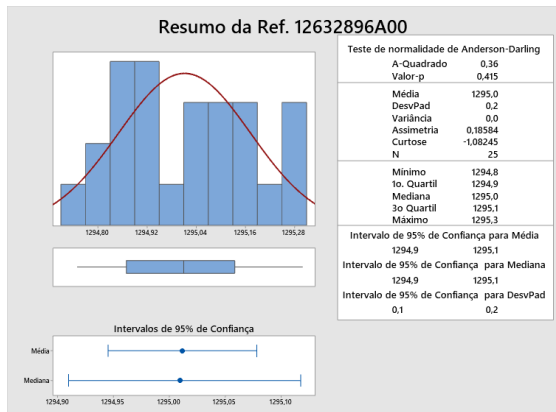
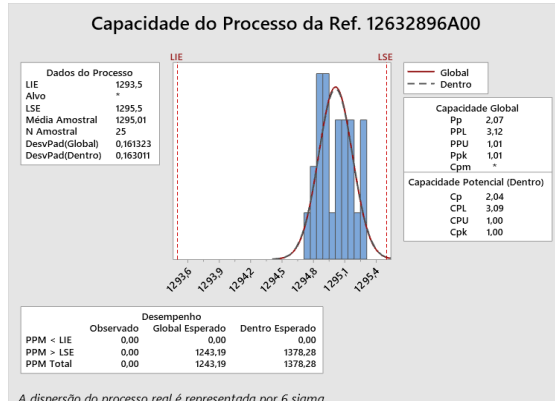
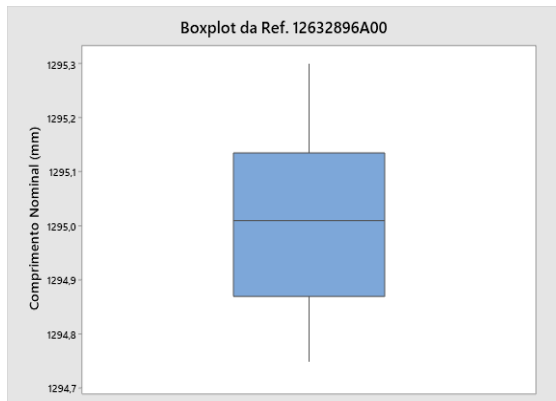
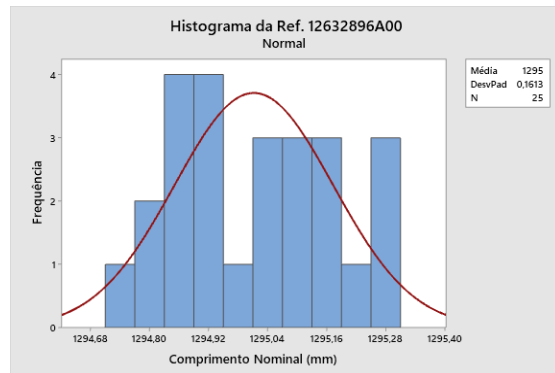
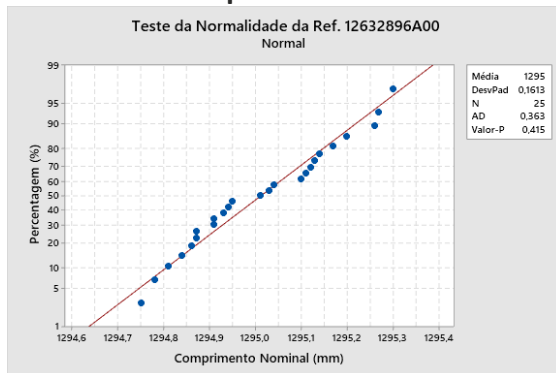


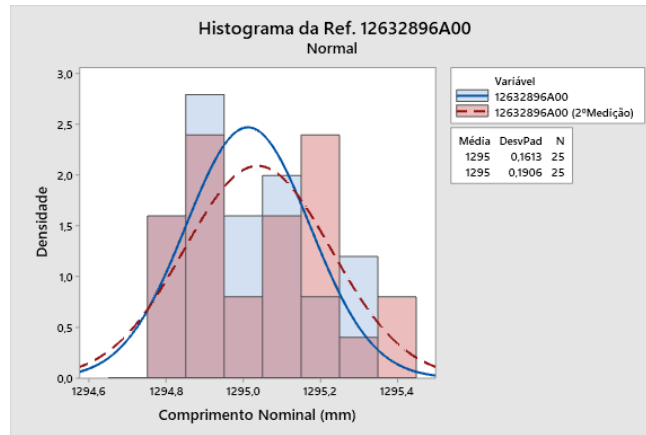
Referência da Espiral - 12632894A00



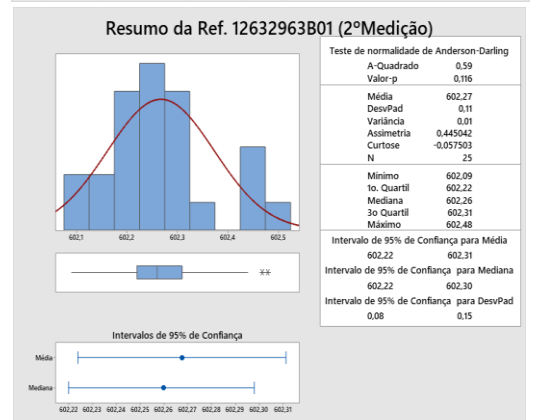
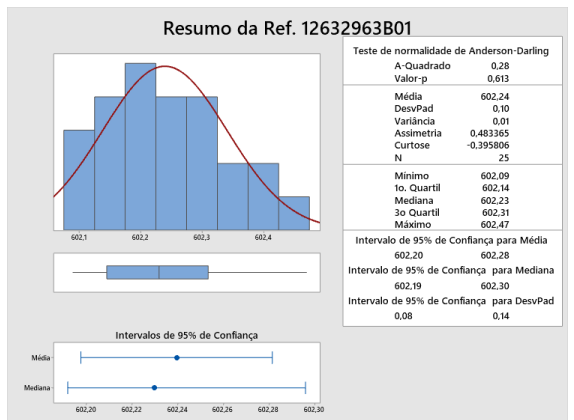
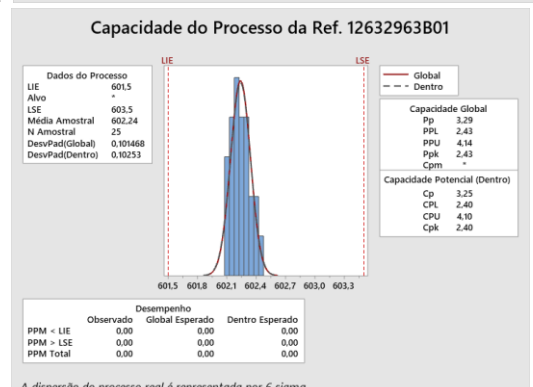
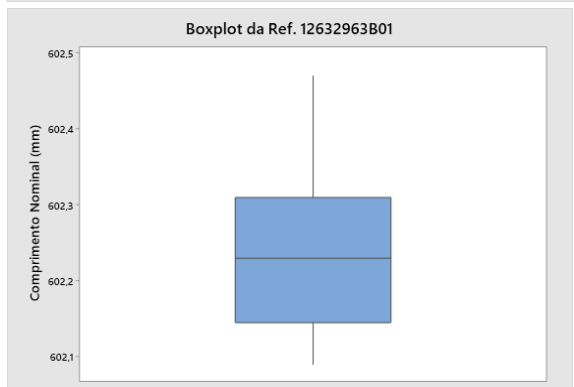
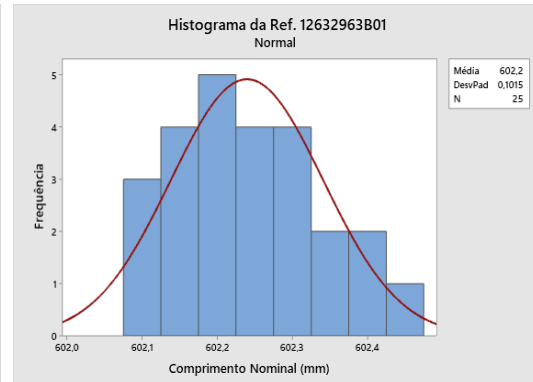
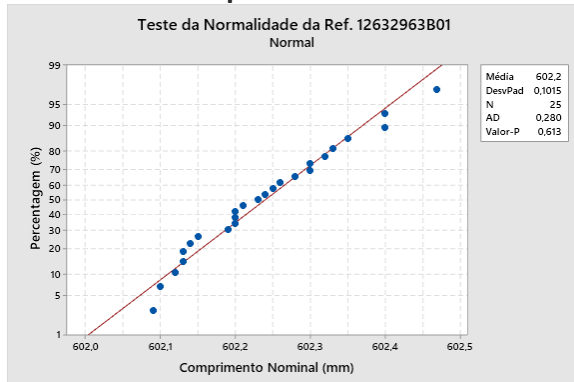


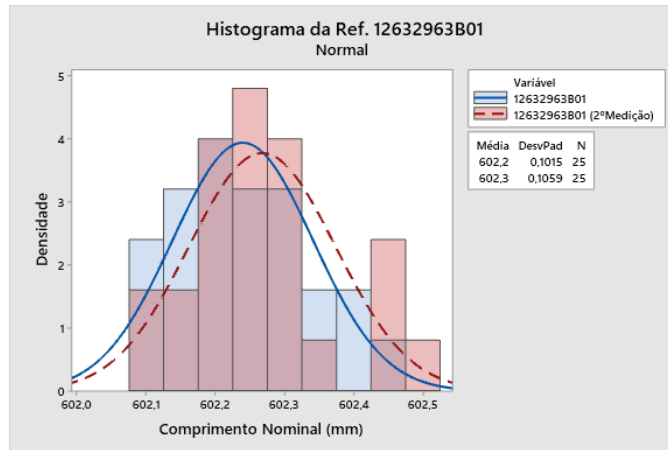
Referência da Espiral - 12632896A00



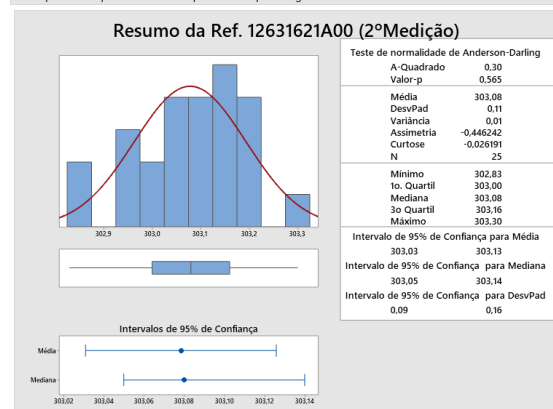
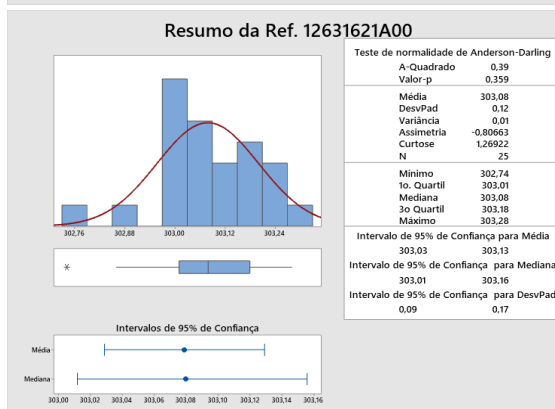
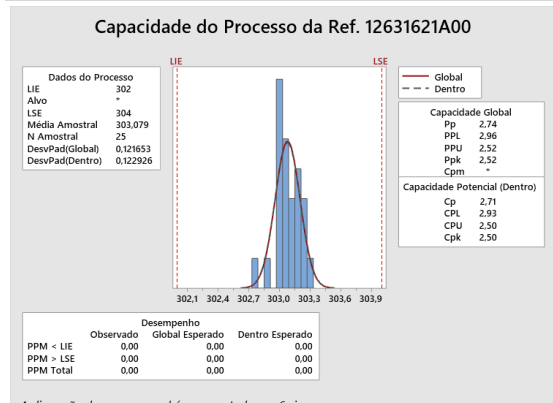
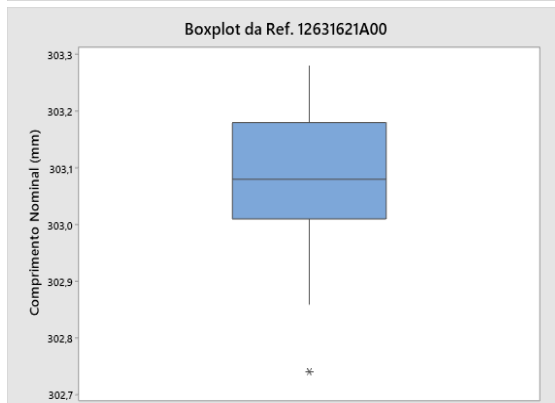
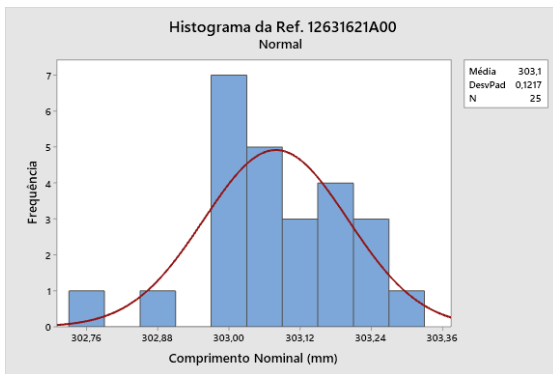
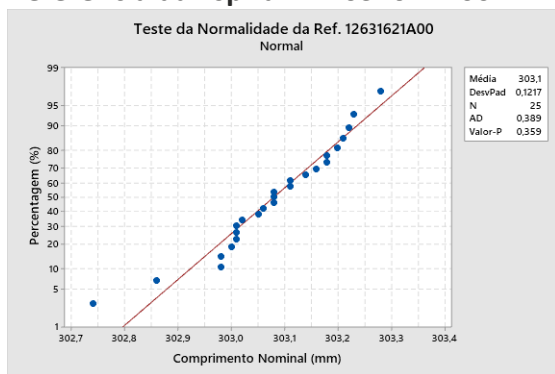


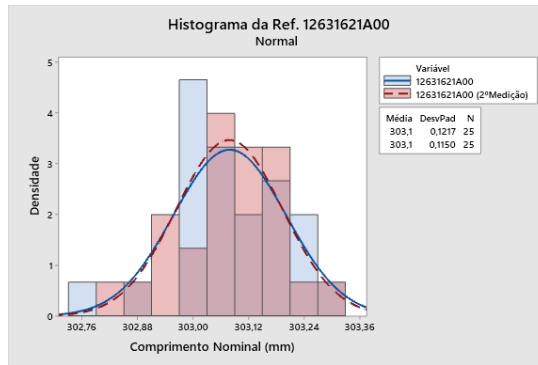
Referência da Espiral - 12632963B01



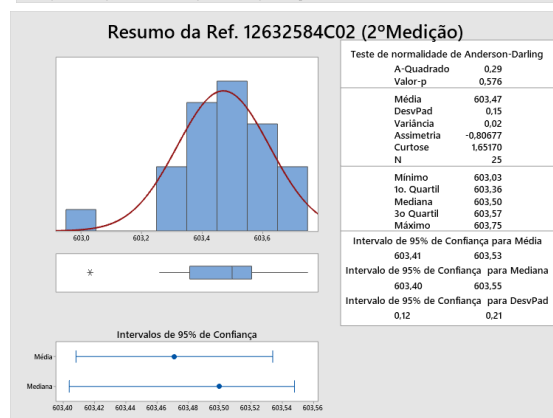
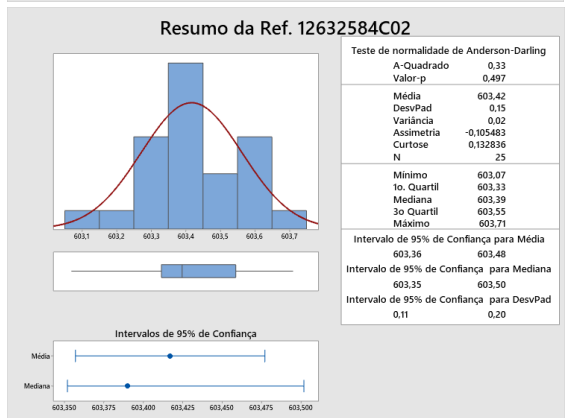
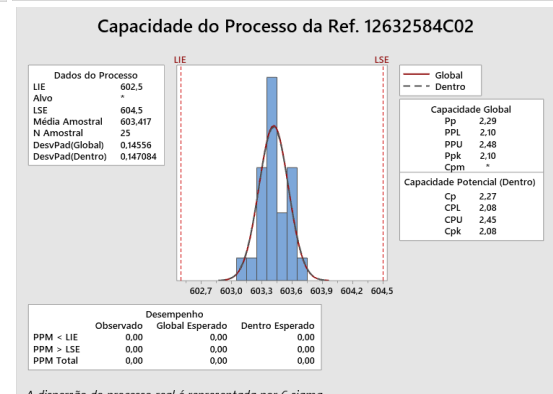
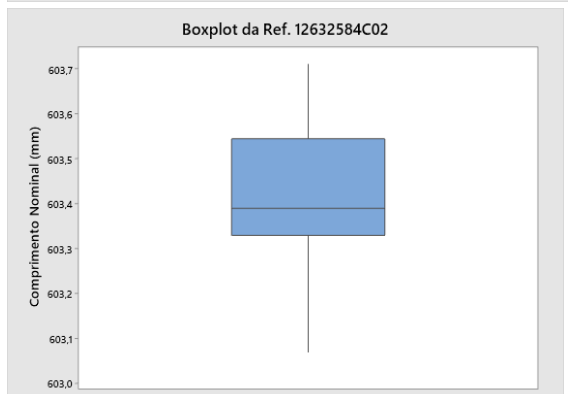
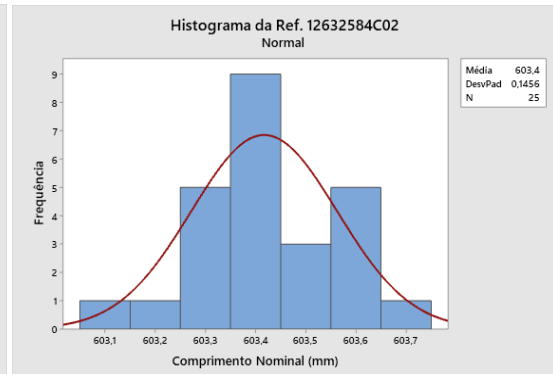
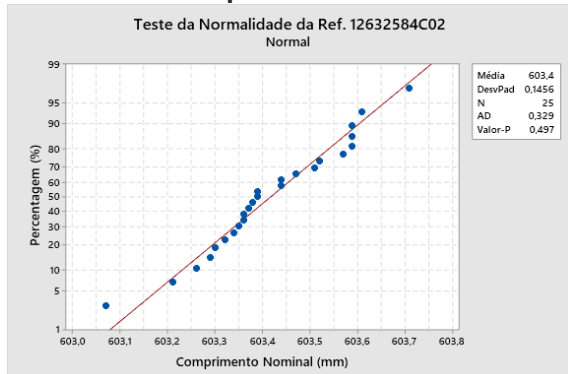


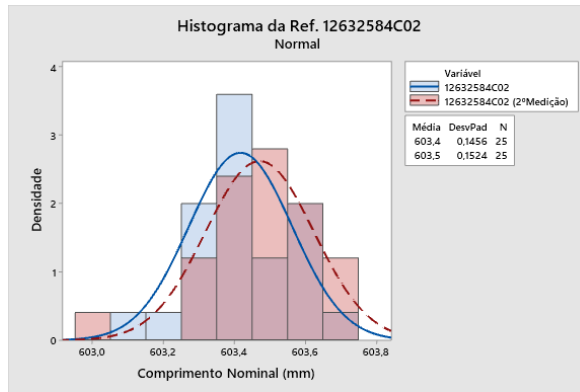
Referência da Espiral - 12631621A00



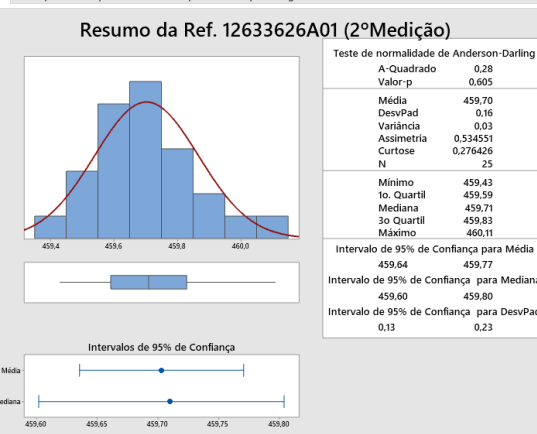
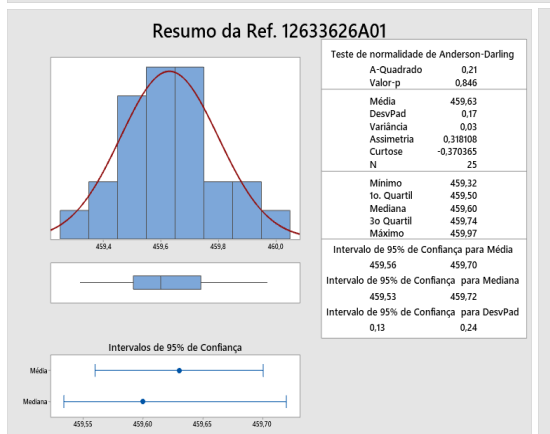
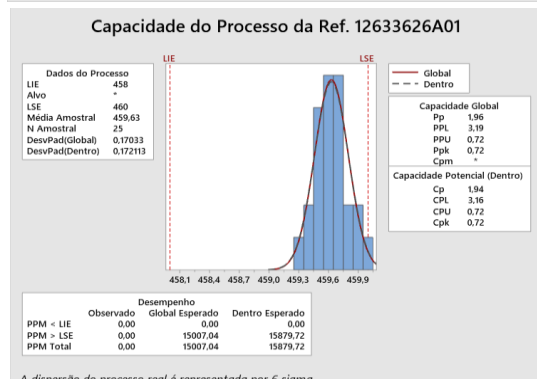
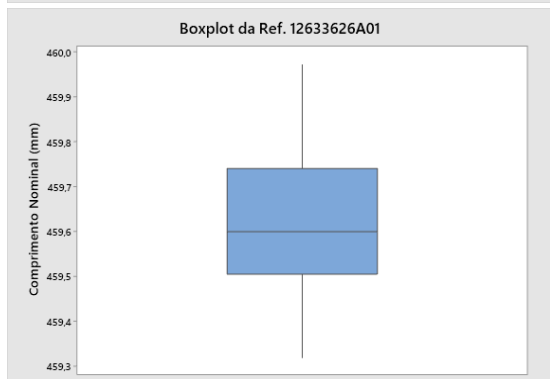
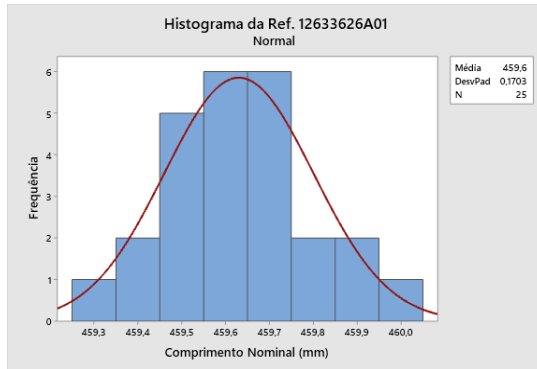
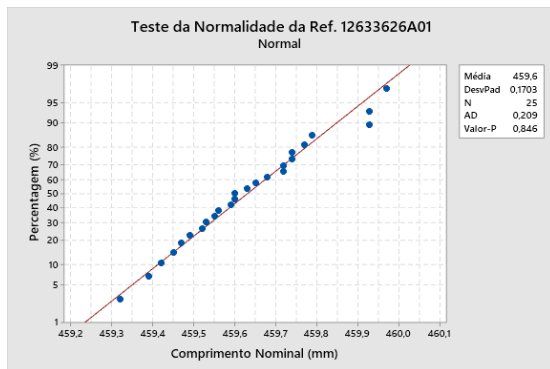


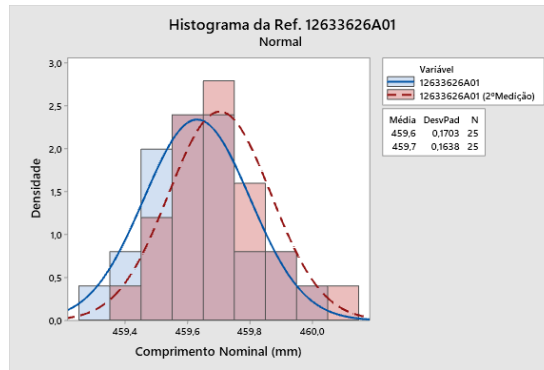
Referência da Espiral - 12632584C02



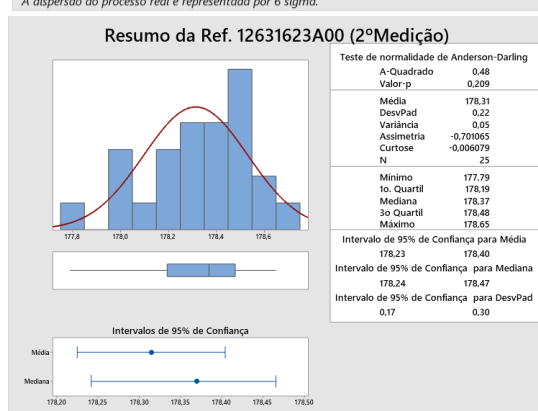
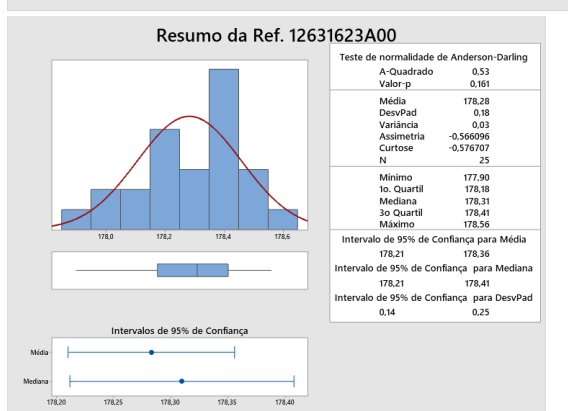
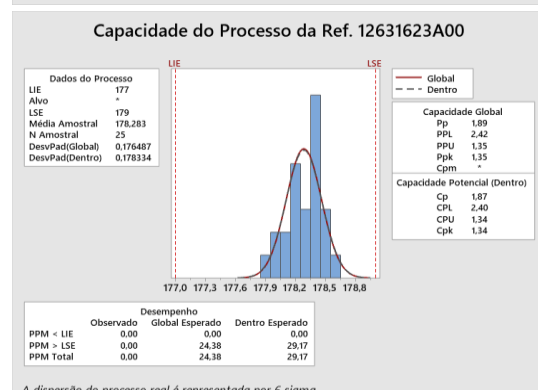
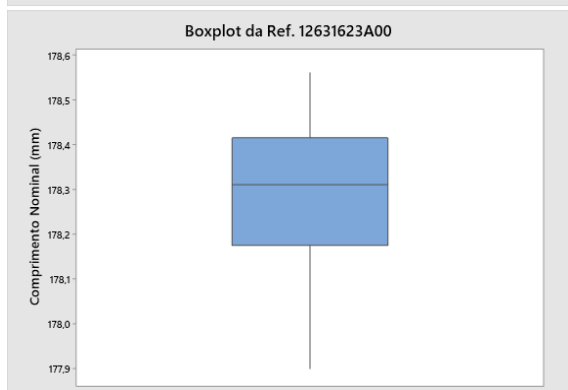
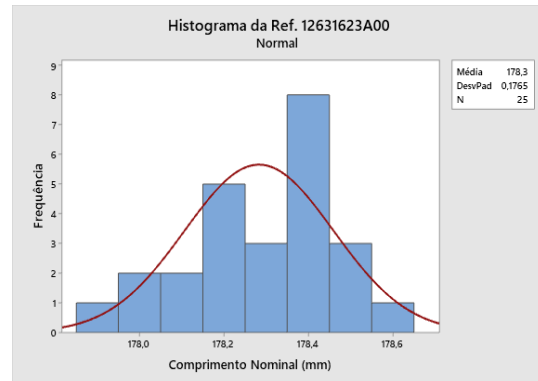
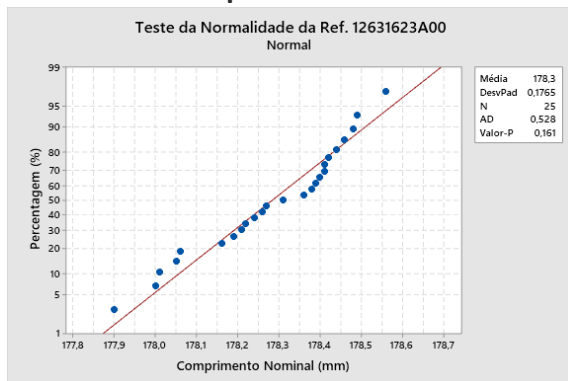


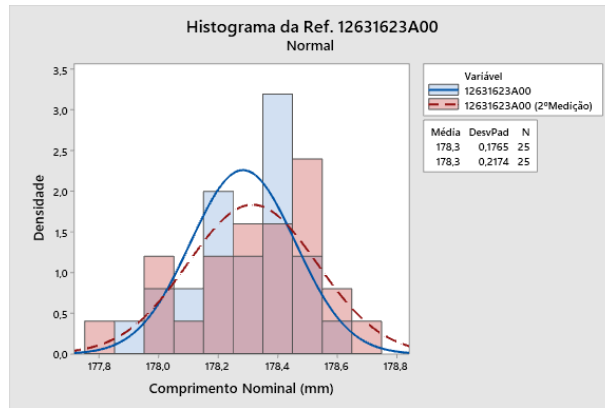
Referência da Espiral - 12633626A01



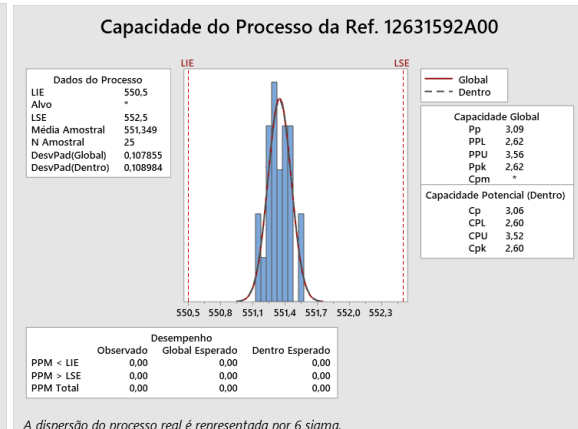
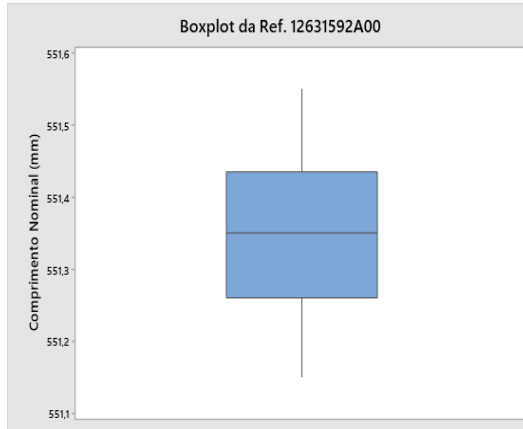
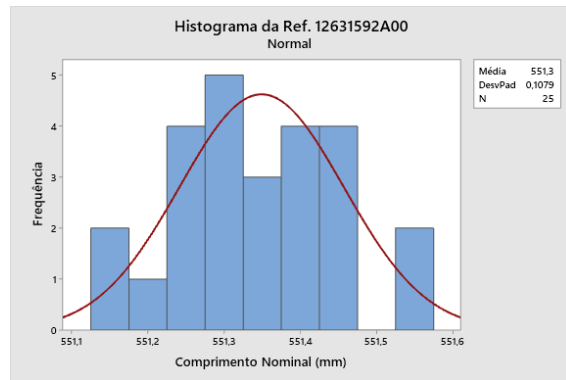
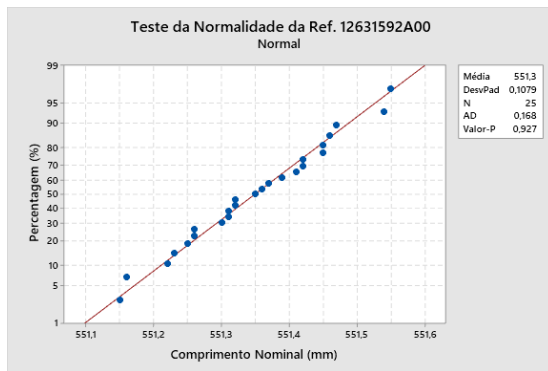


Referência da Espiral - 12631623A00

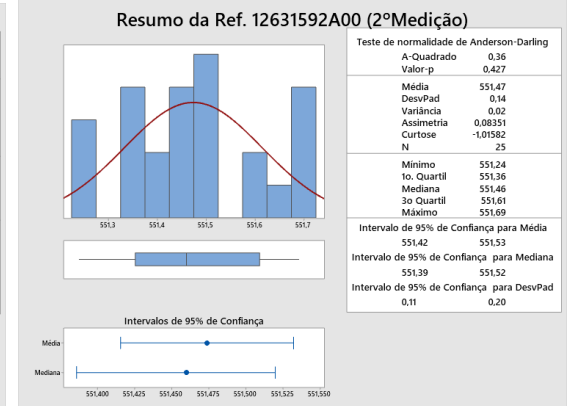
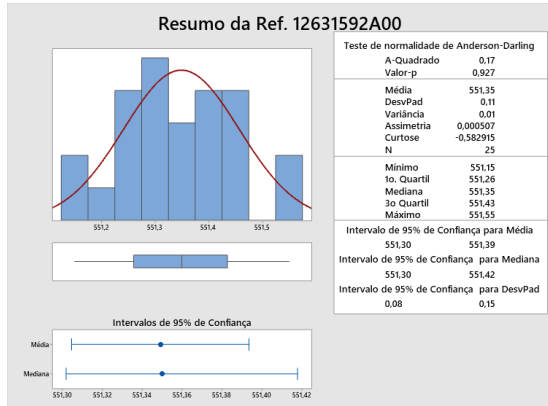


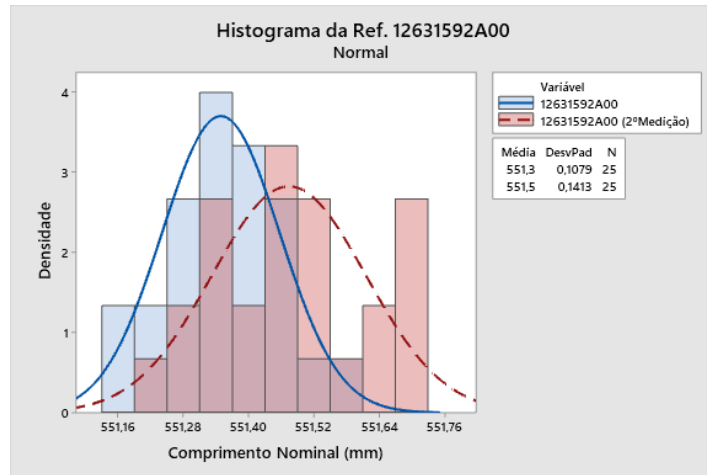


Referência da Espiral - 12631592A00

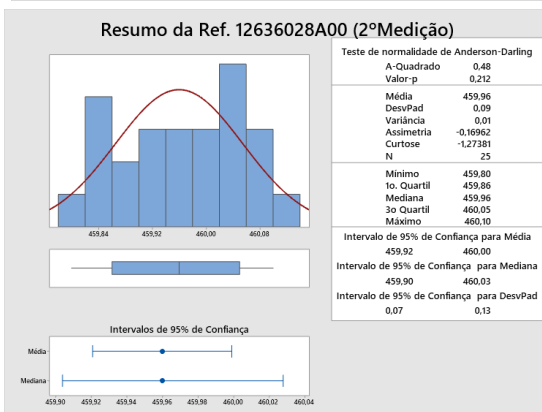
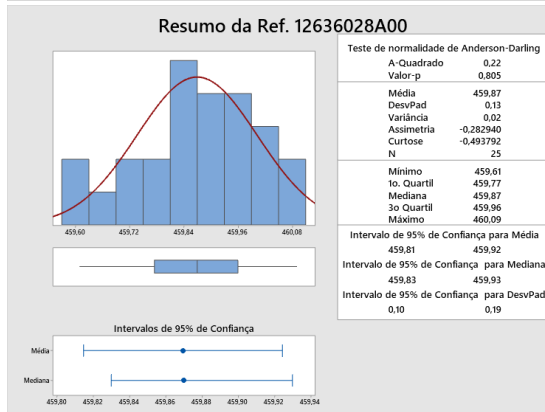
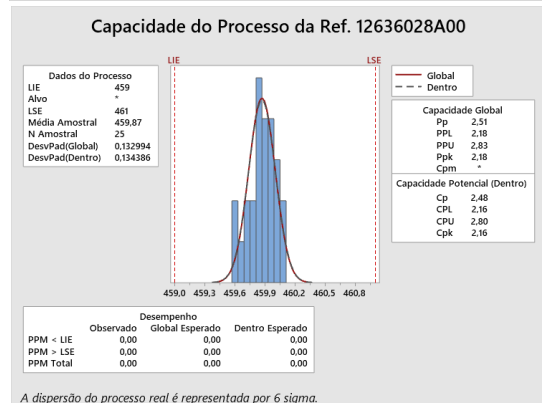
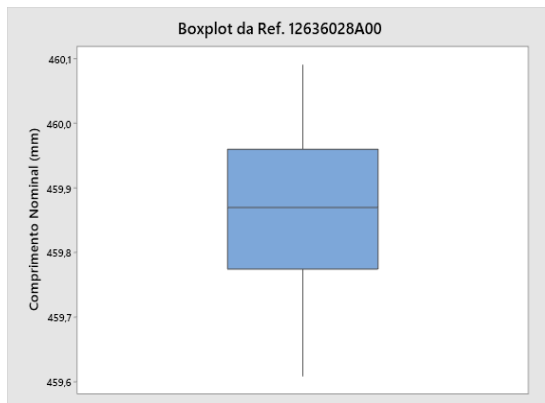
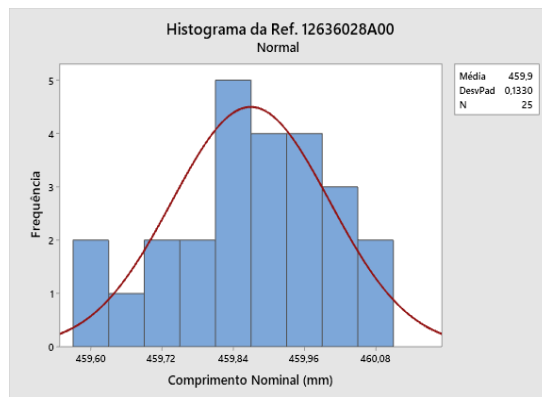
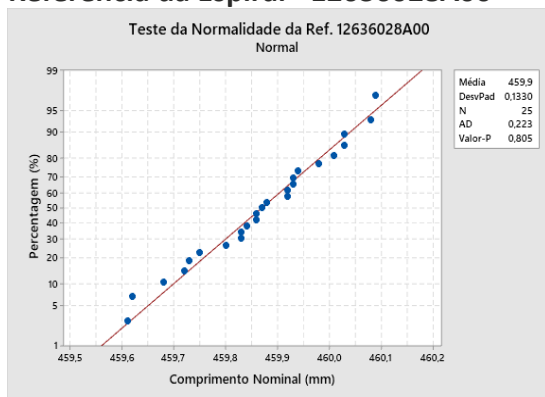


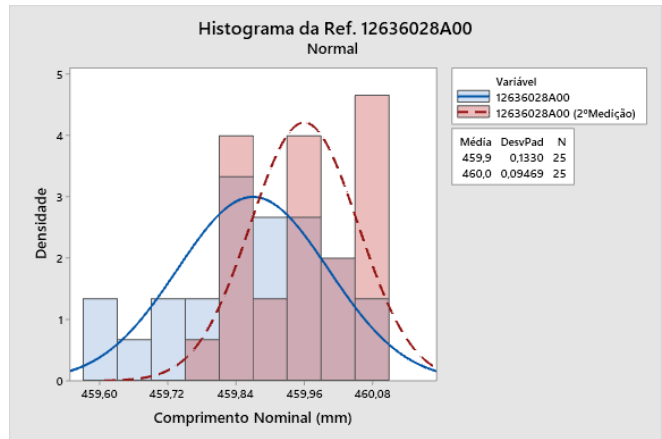
A dispersão do processo real é representada por 6 sigma.



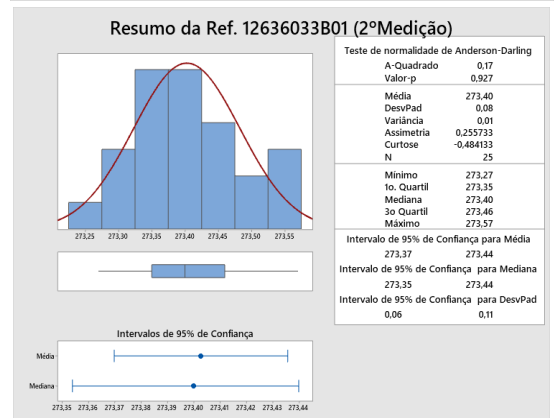
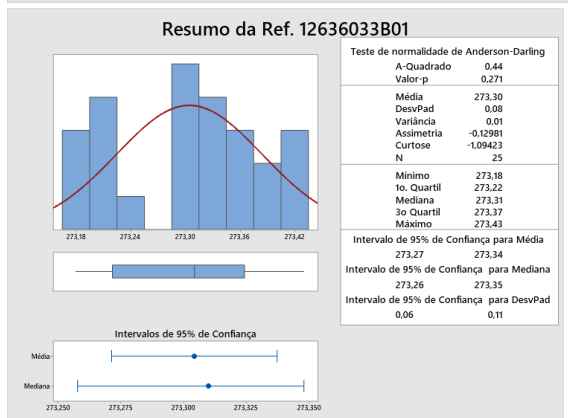
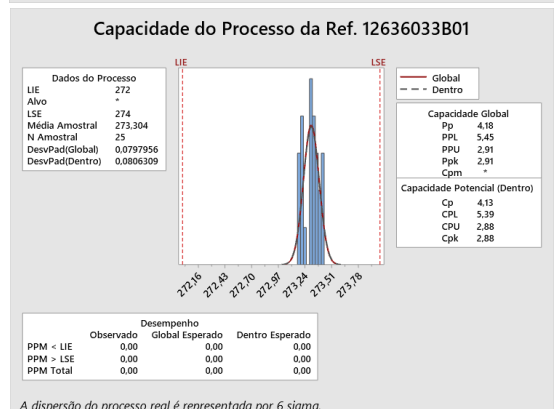
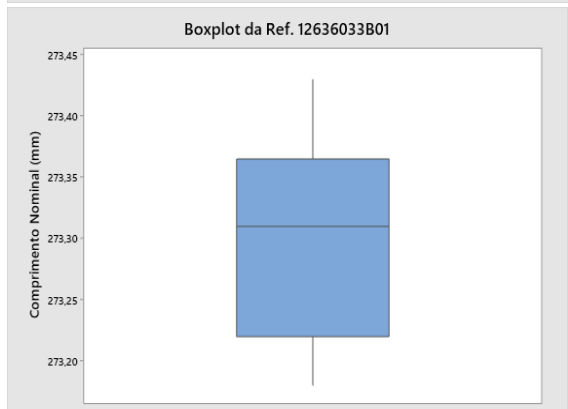
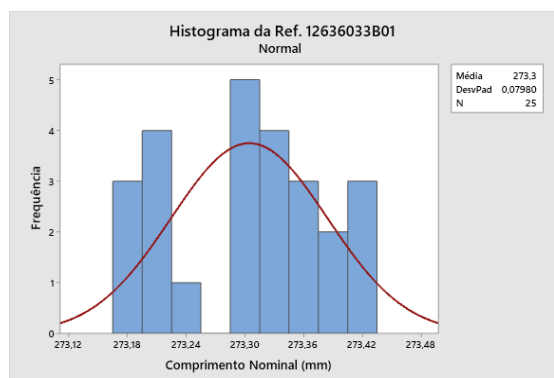
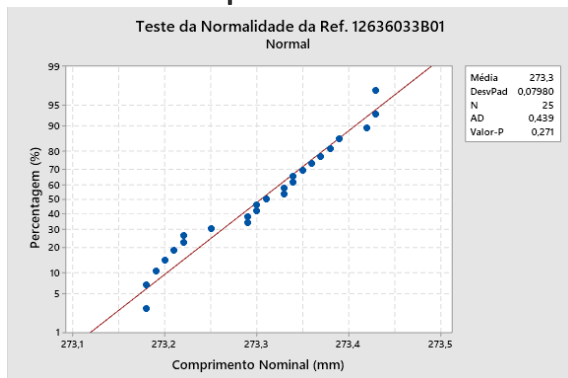


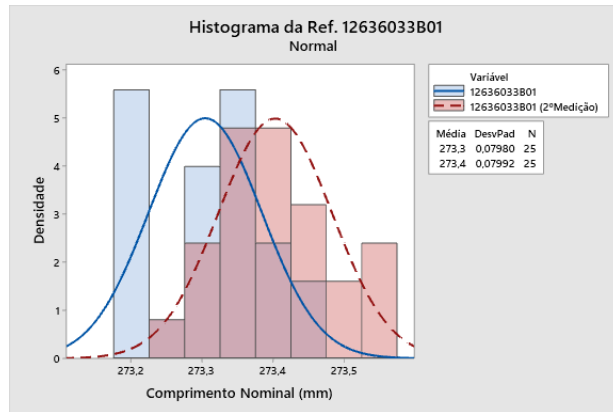
Referência da Espiral - 12636028A00



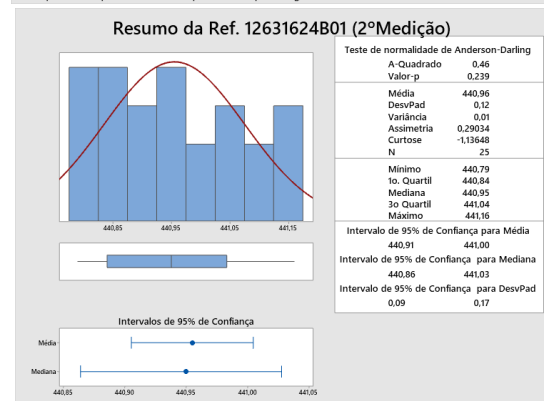
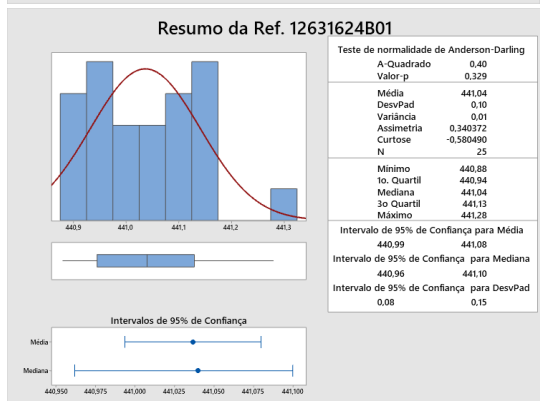
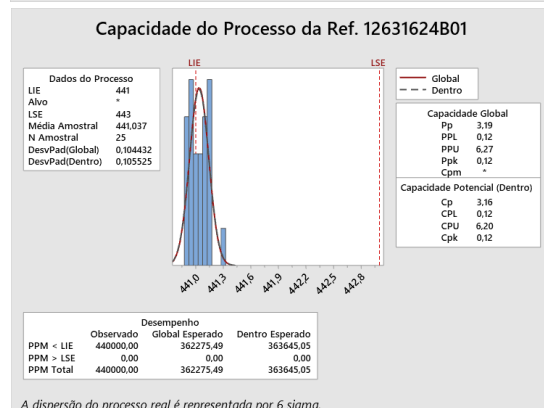
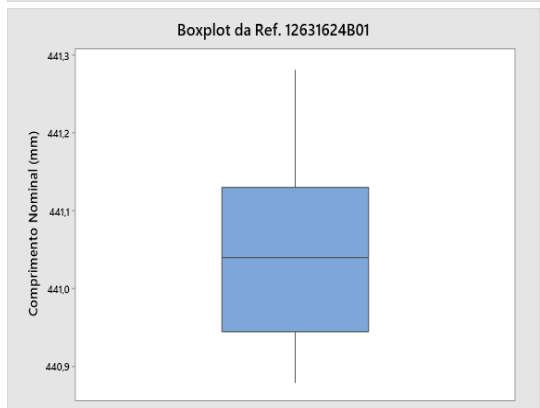
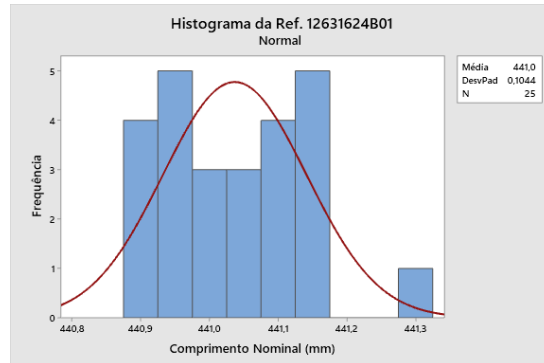
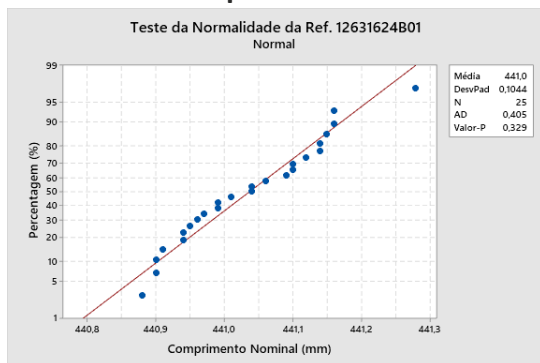


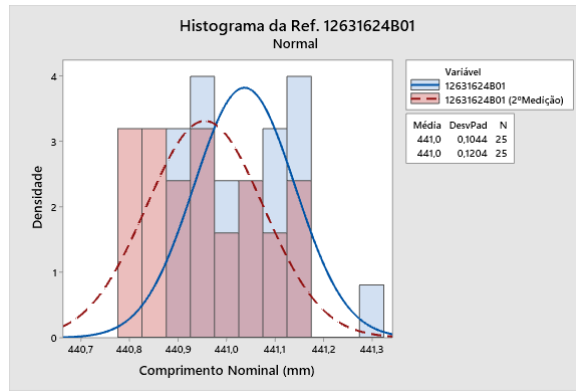
Referência da Espiral - 12636033B01



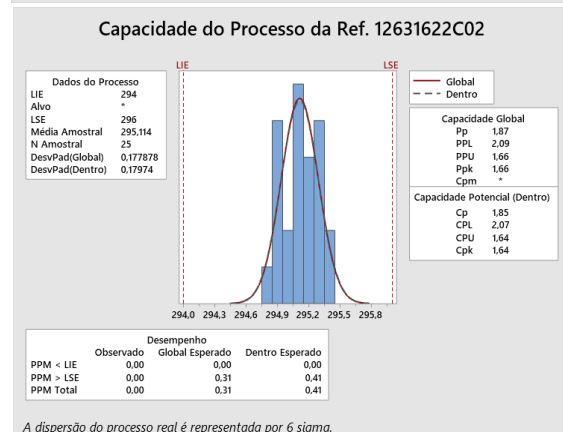
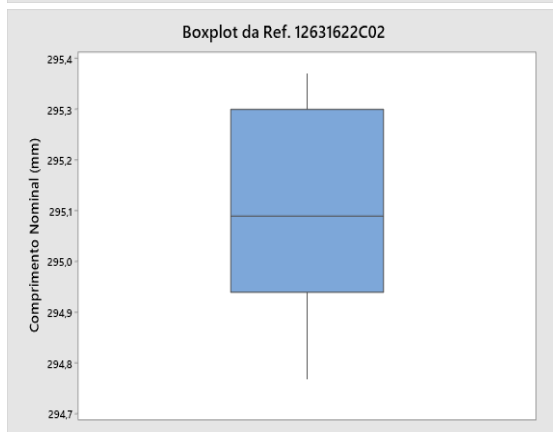
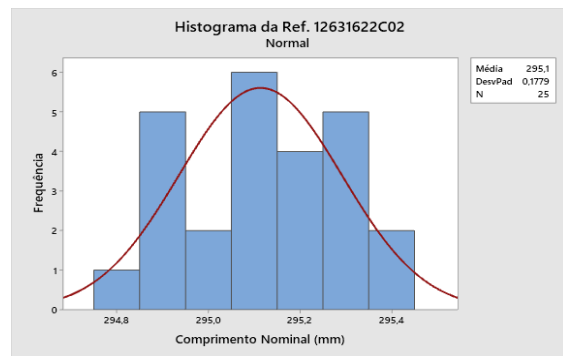
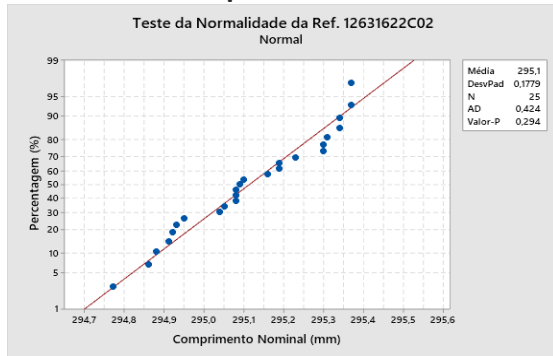


Referência da Espiral - 12631624B01

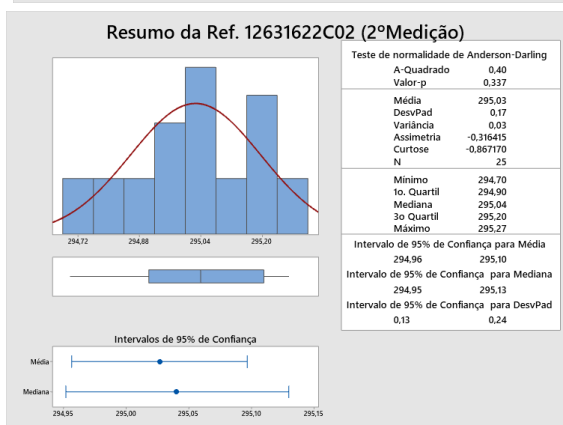
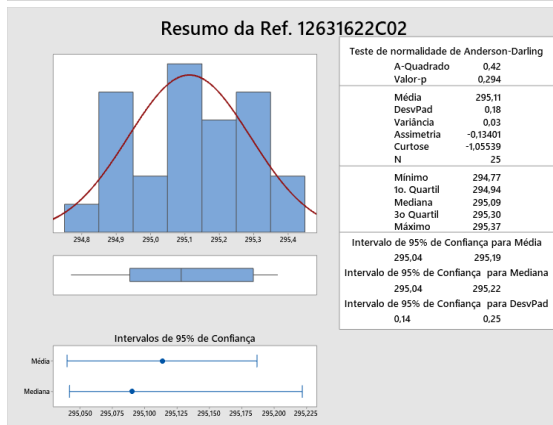




Referência da Espiral - 12631622C02

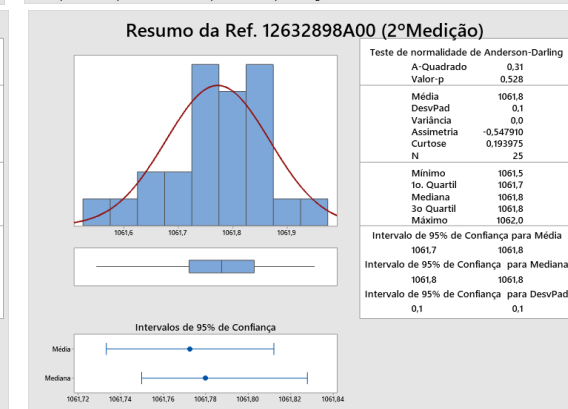
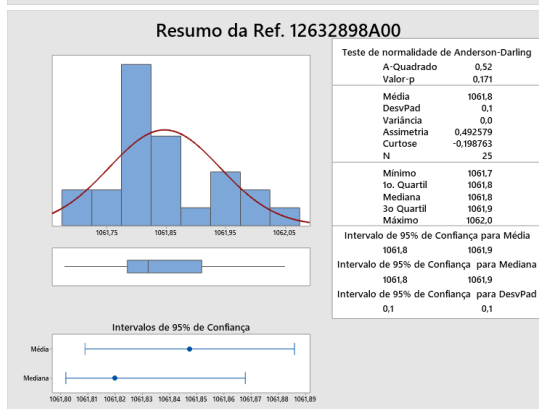
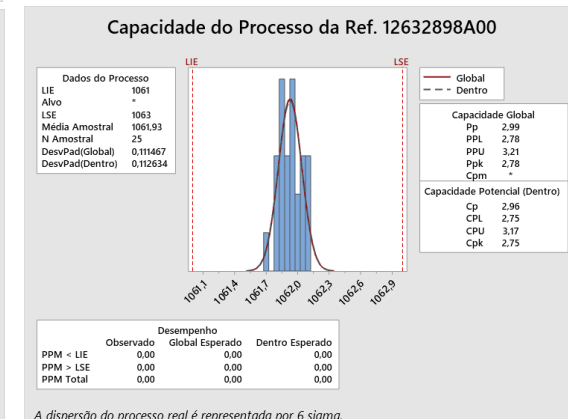
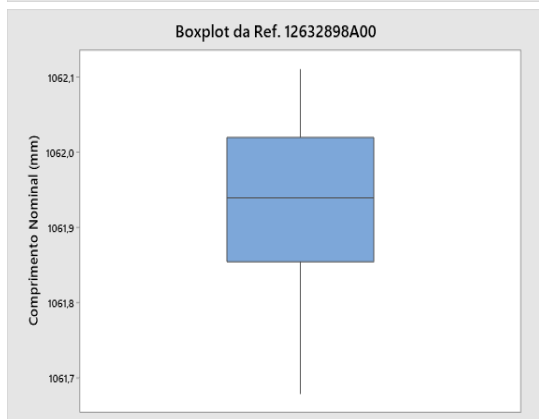
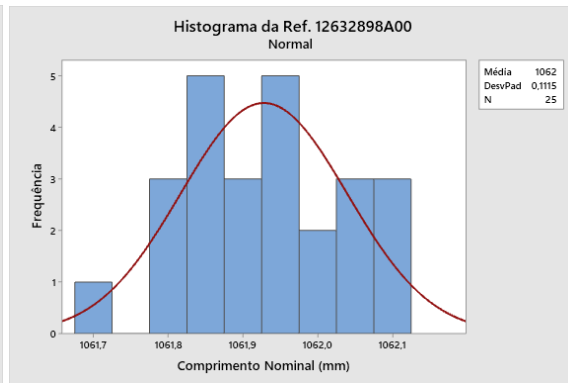
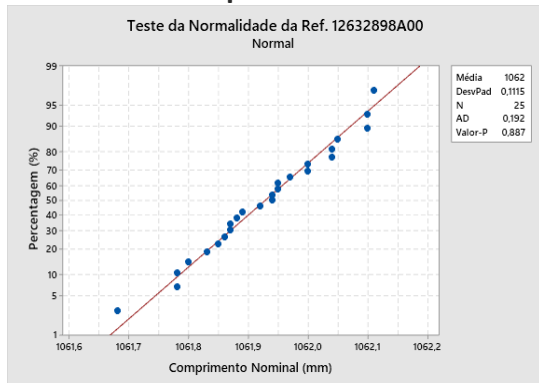


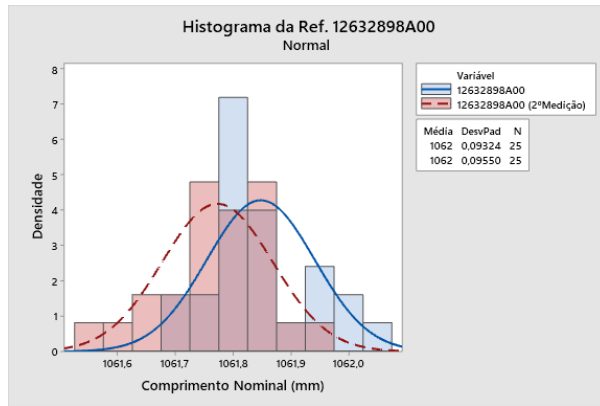
A dispersão do processo real é representada por 6 sigma.



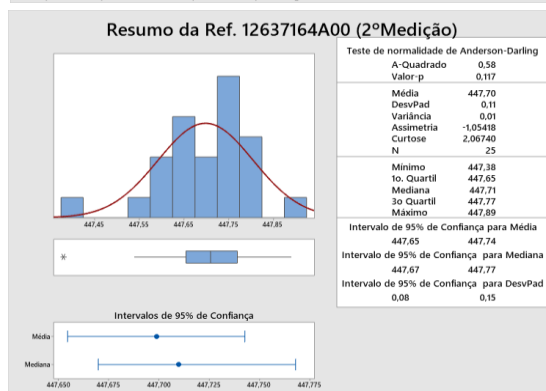
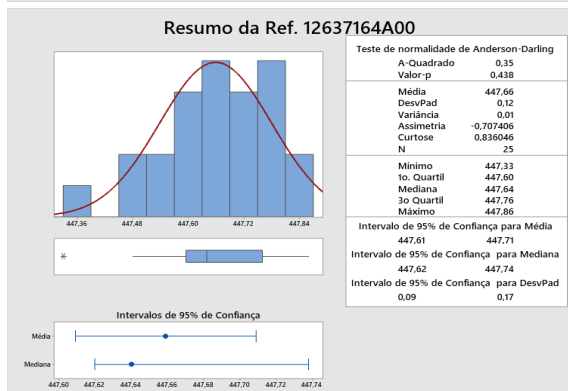
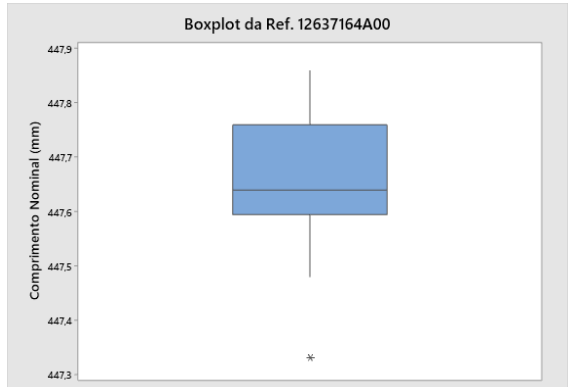
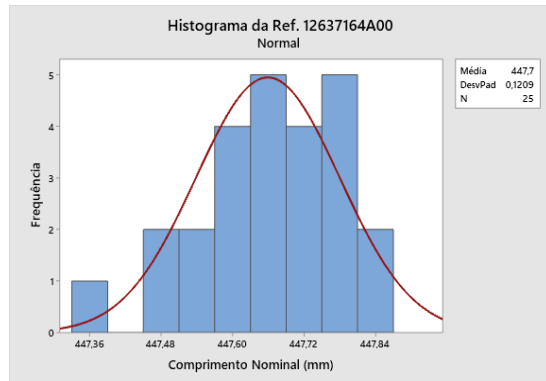
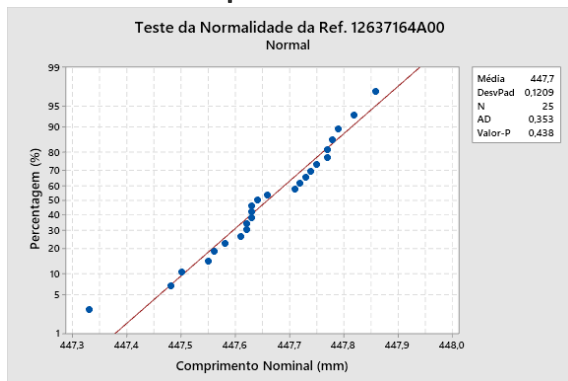


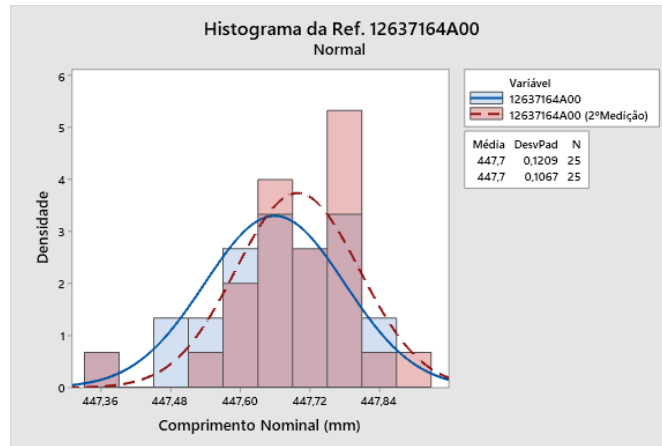
Referência da Espiral - 12632898A00



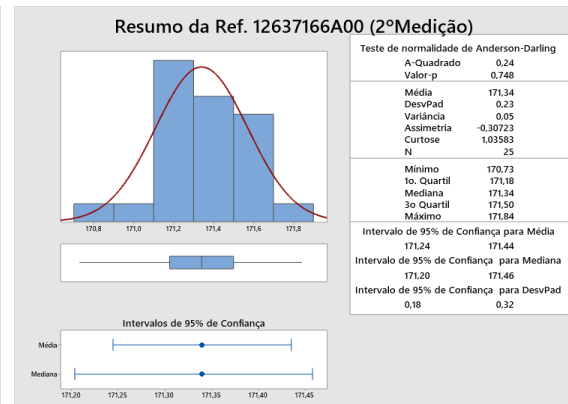
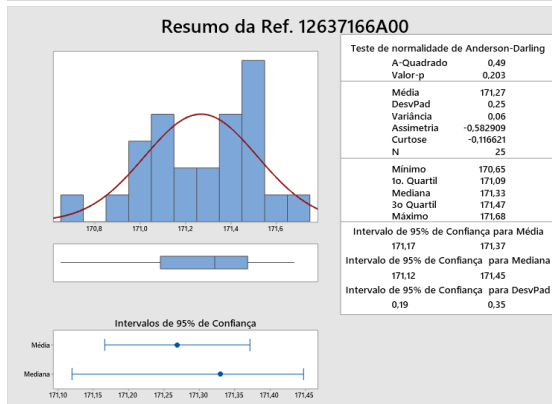
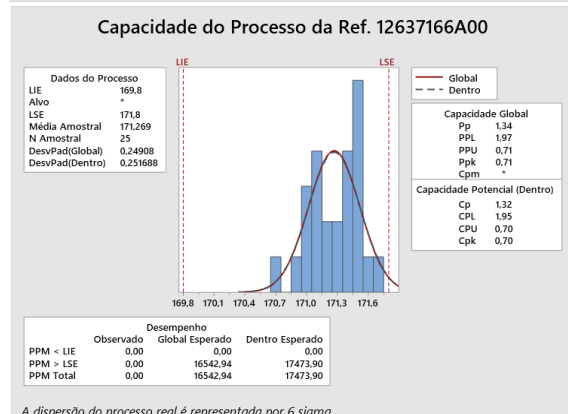
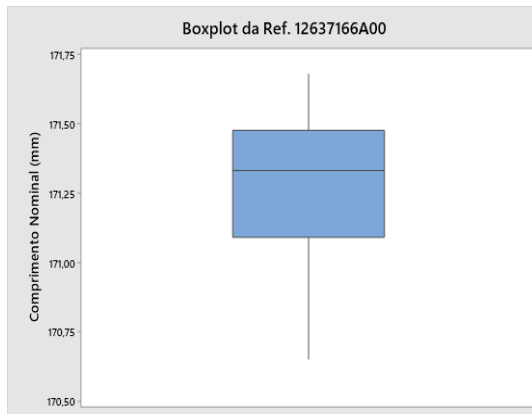
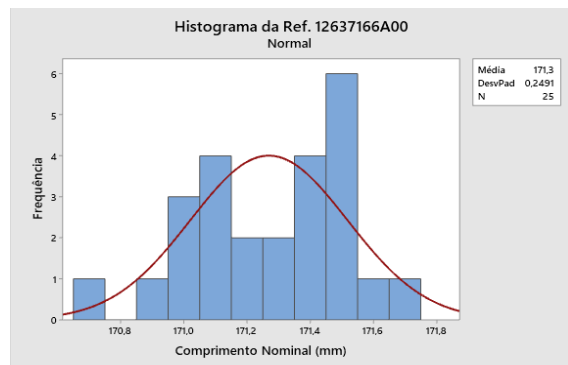
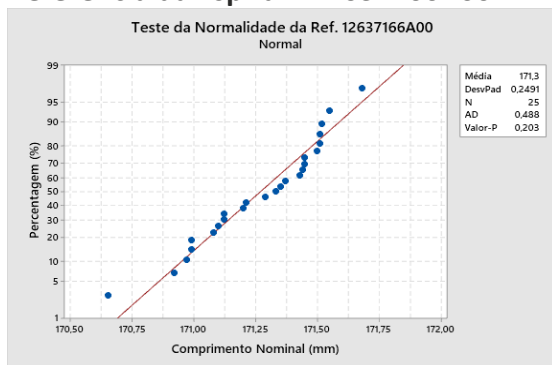


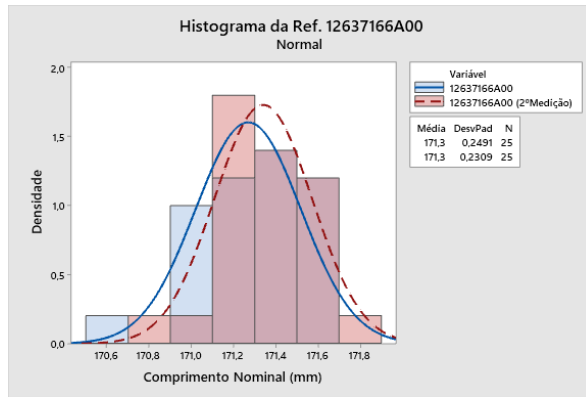
Referência da Espiral - 12637164A00



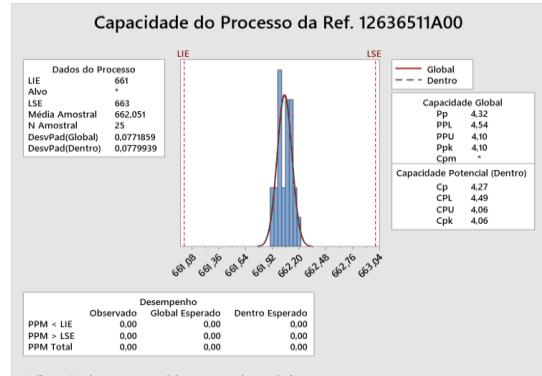
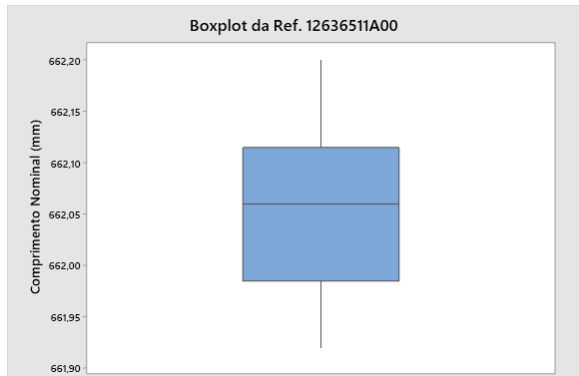
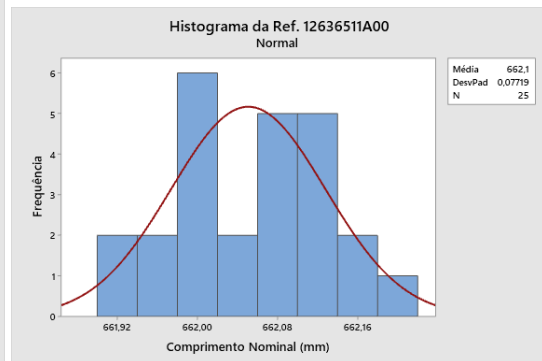
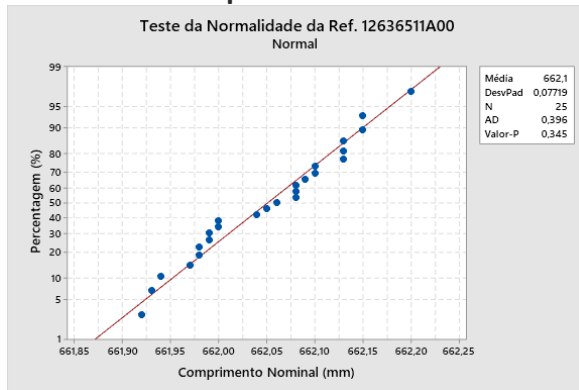


Referência da Espiral - 12637166A00

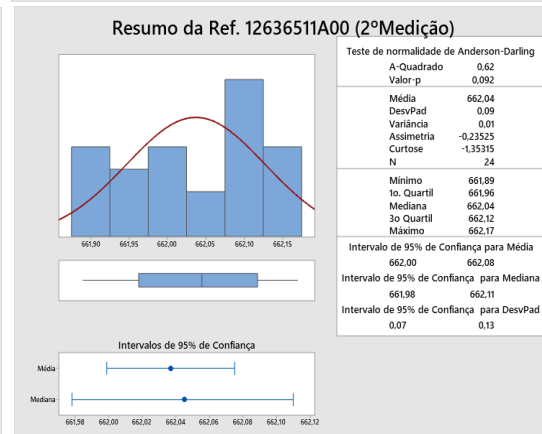
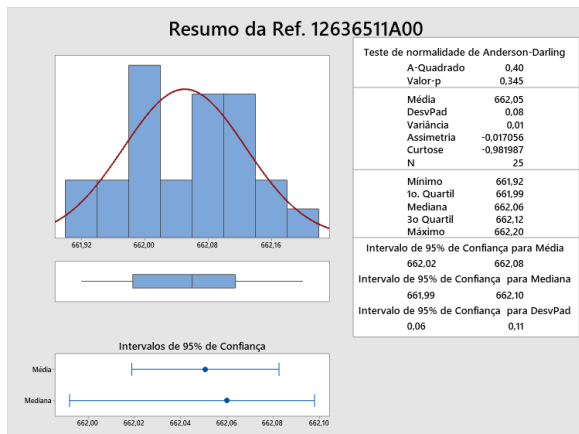


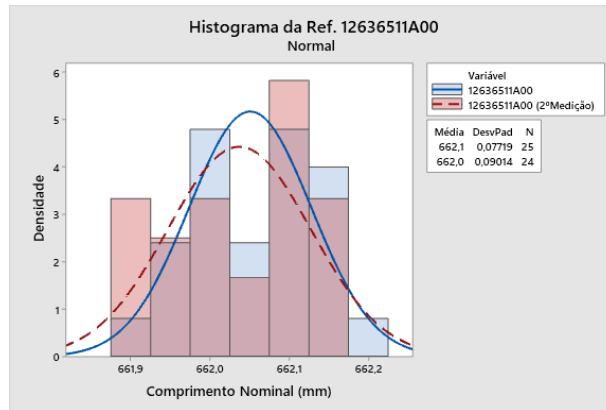


Referência da Espiral - 12636511A00

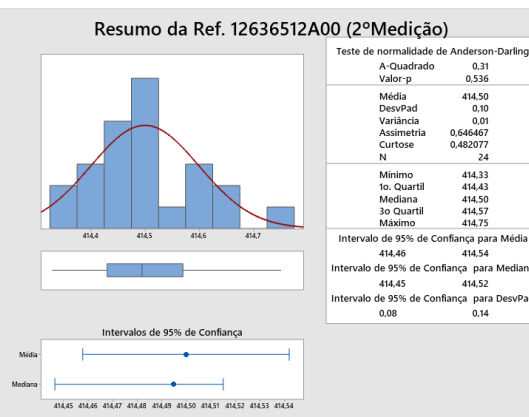
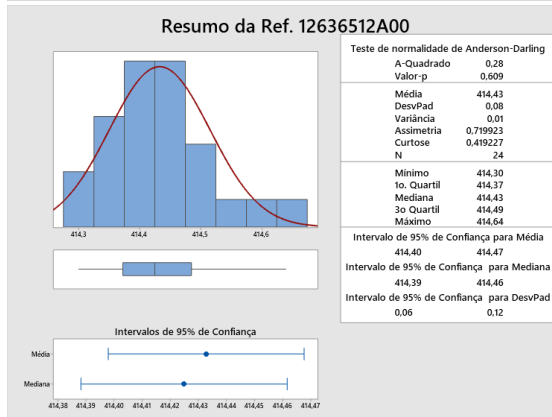
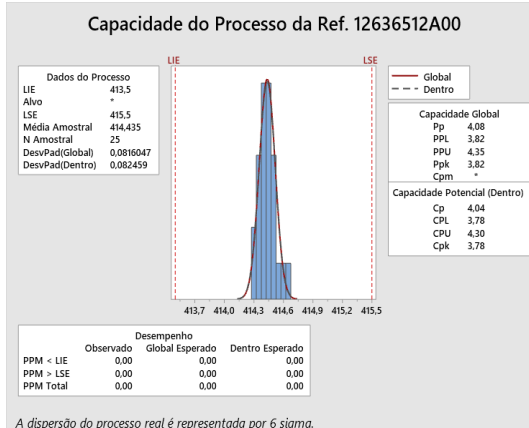
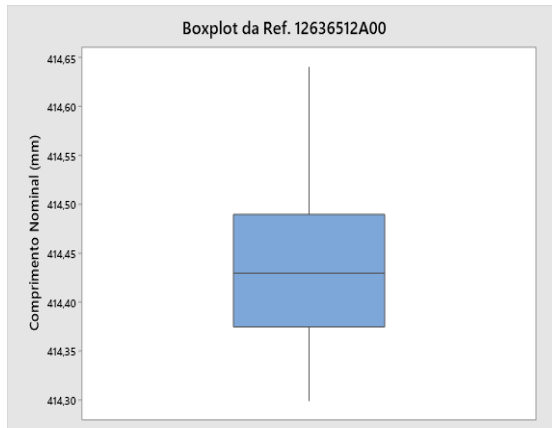
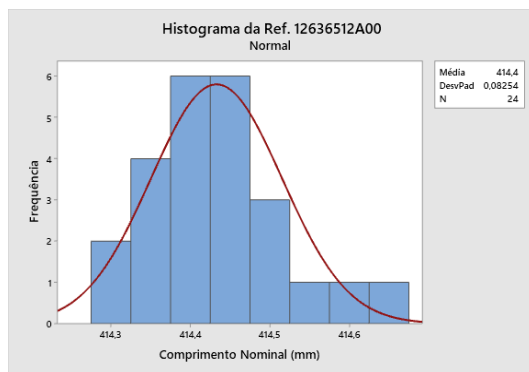
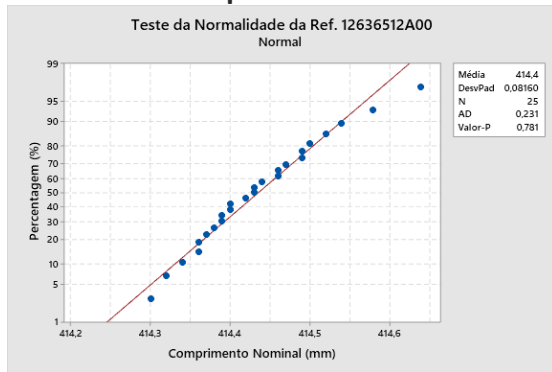


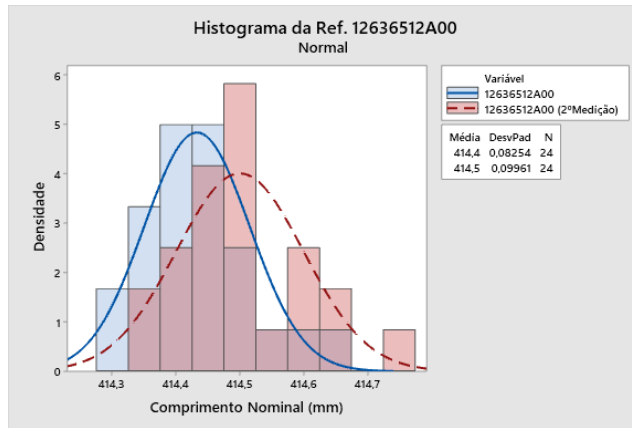
A dispersão do processo real é representada por 6 sigma.



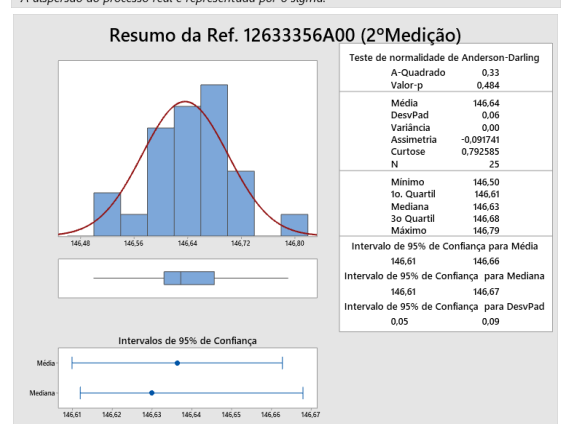
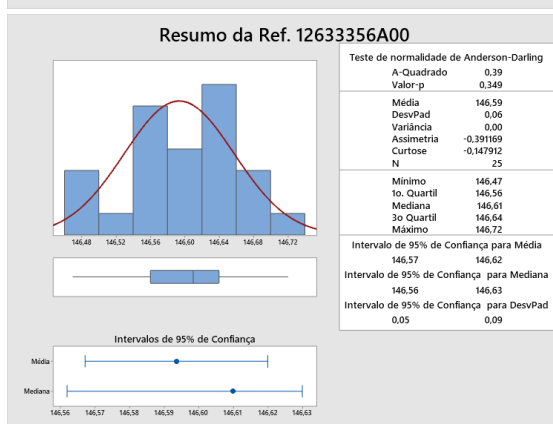
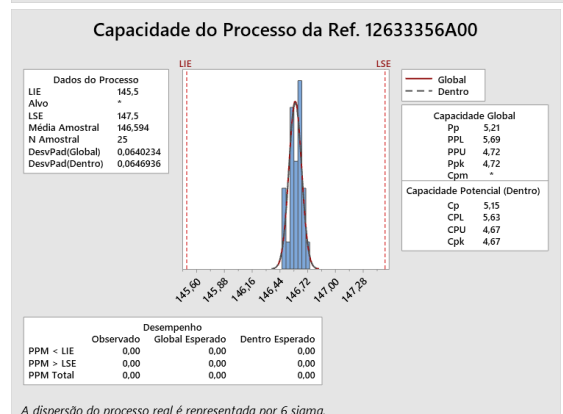
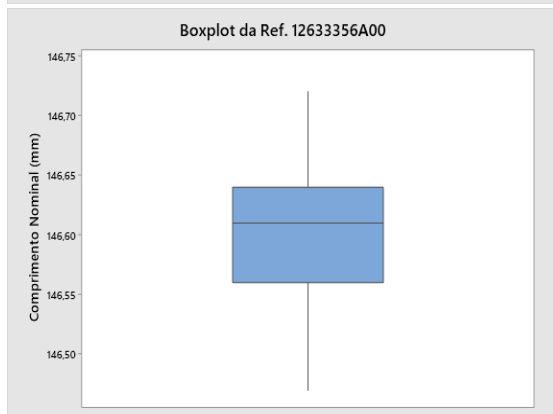
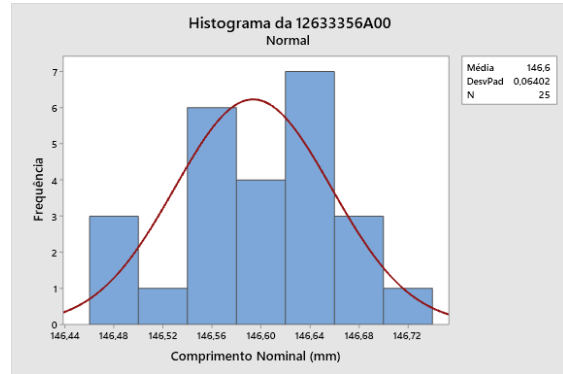
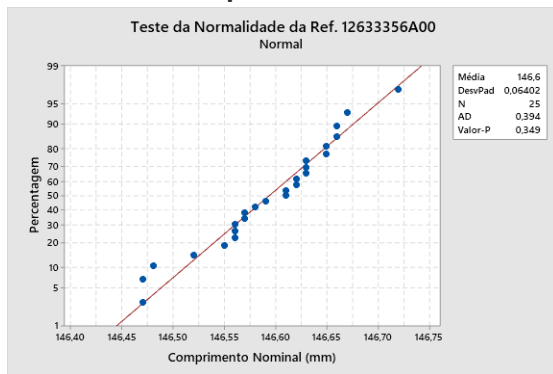


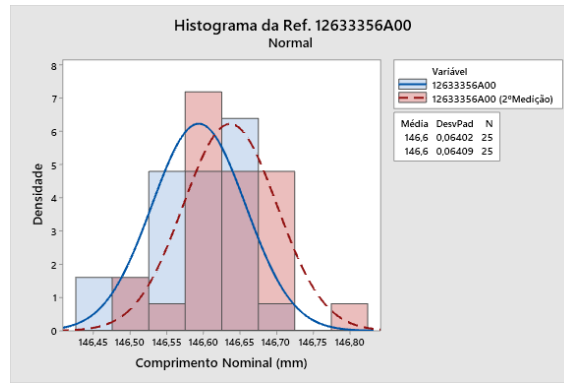
Referência da Espiral - 12636512A00



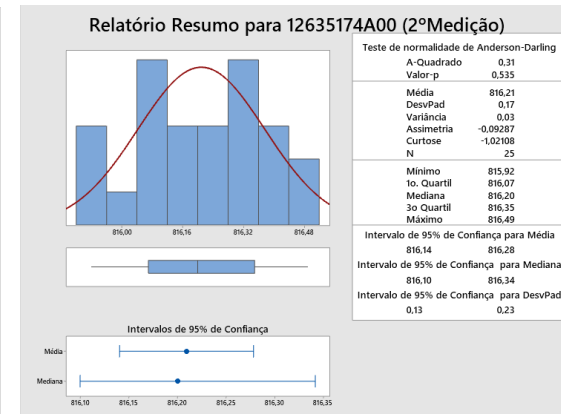
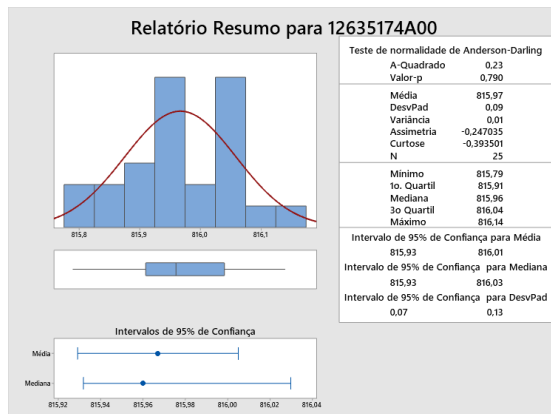
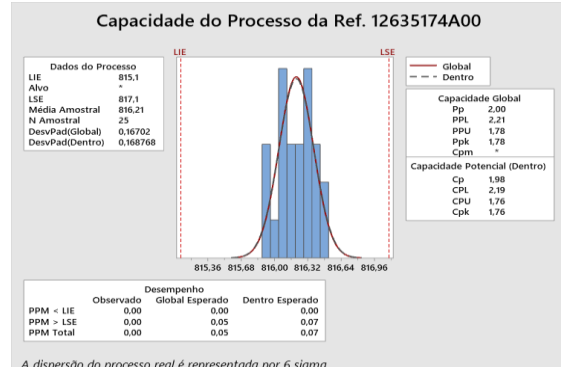
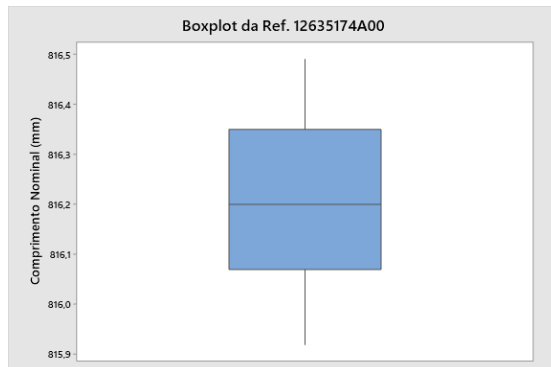
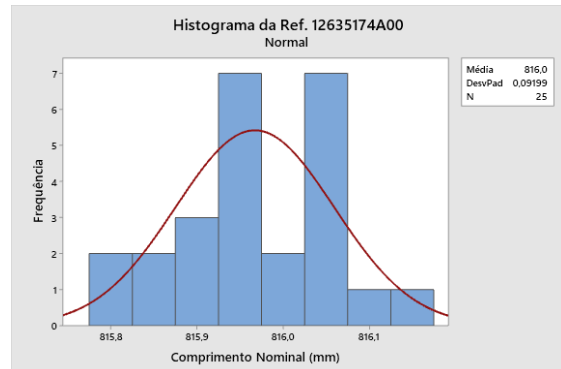
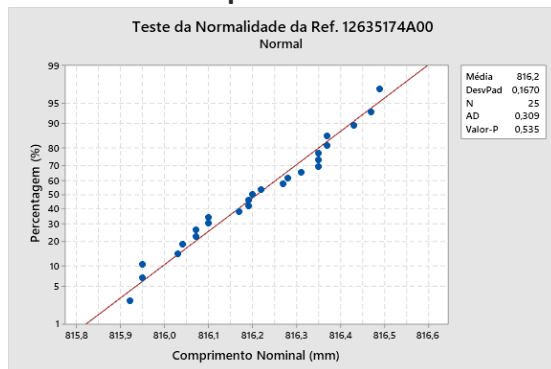


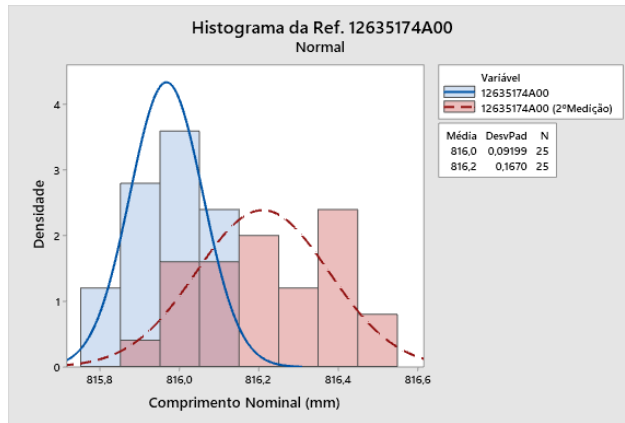
Referência da Espiral - 12633356A00



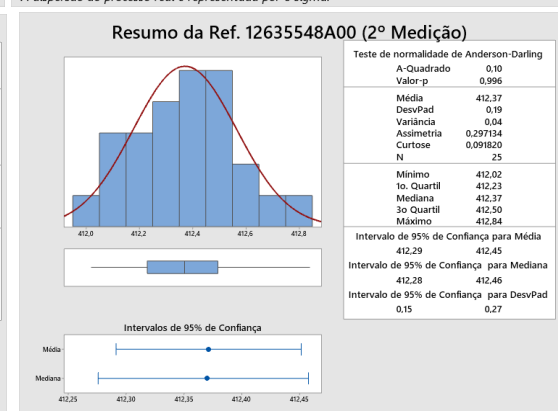
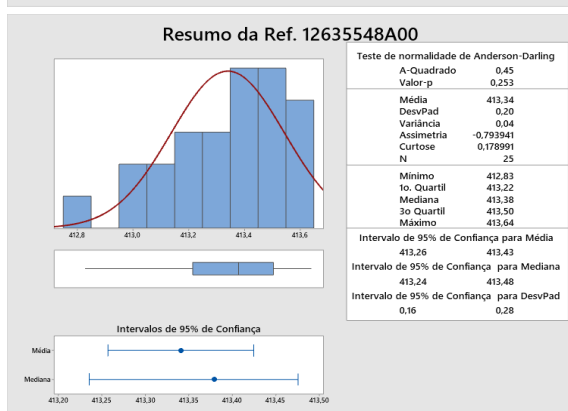
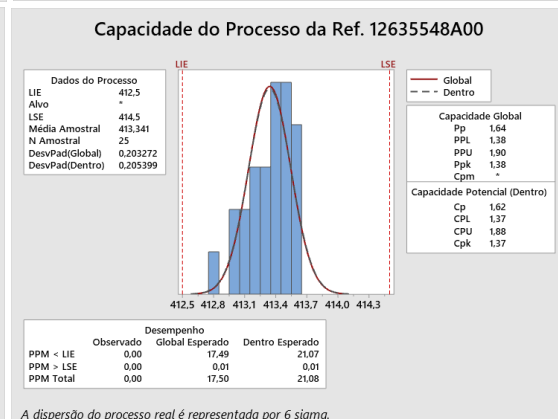
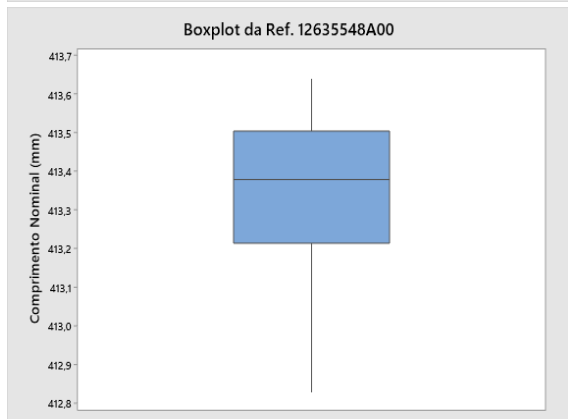
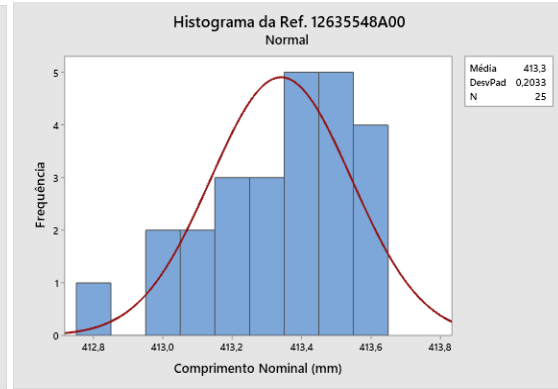
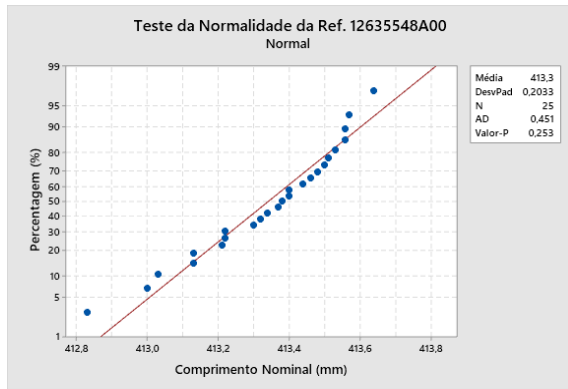


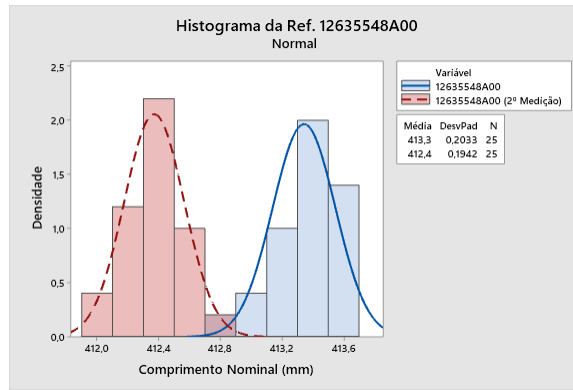
Referência da Espiral - 12635174A00



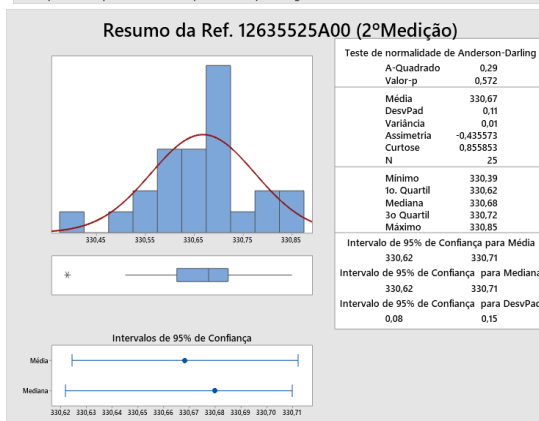
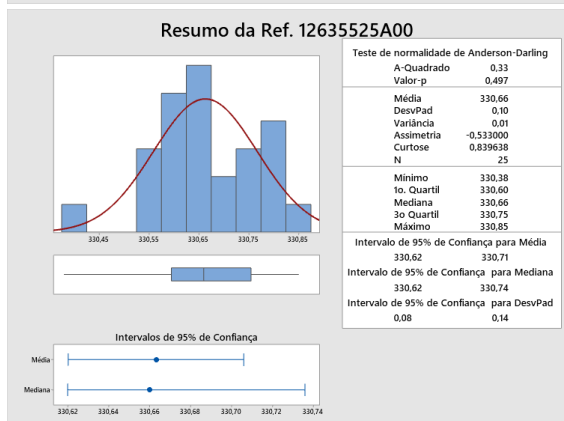
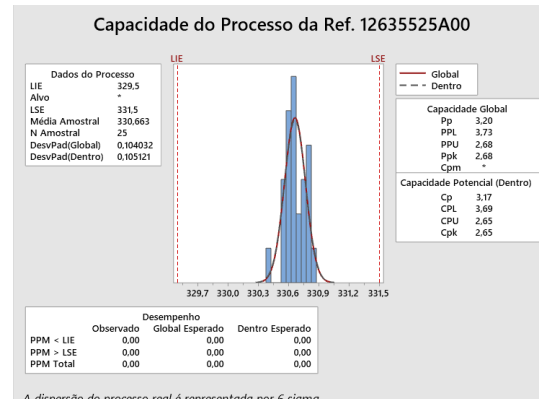
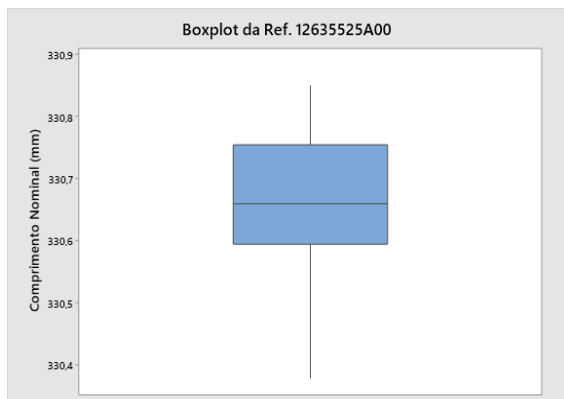
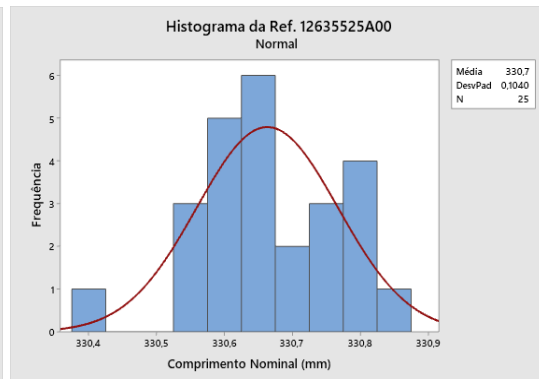
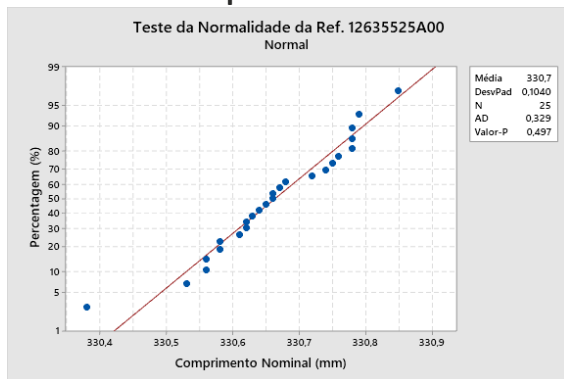


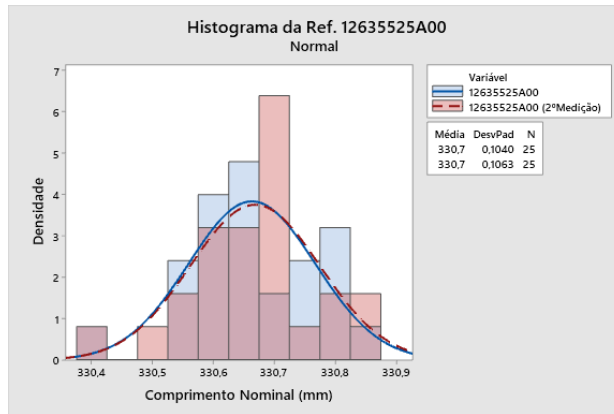
Referência da Espiral - 12635548A00



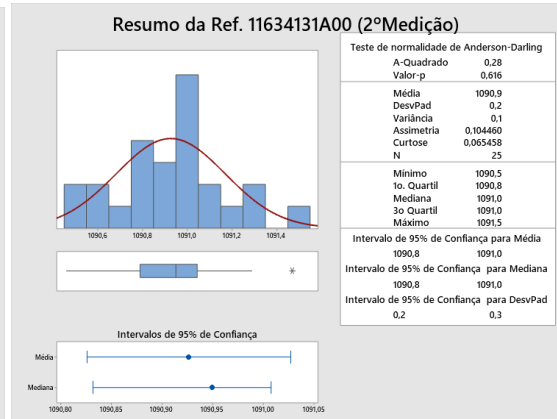
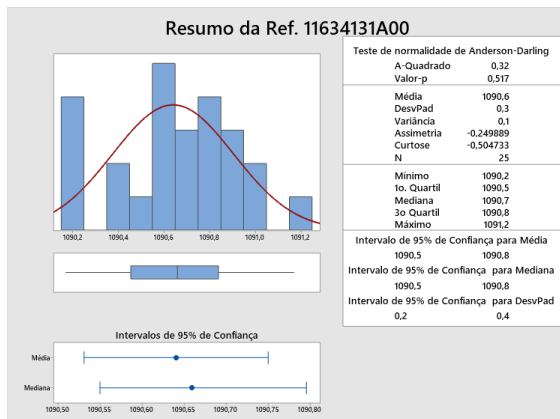
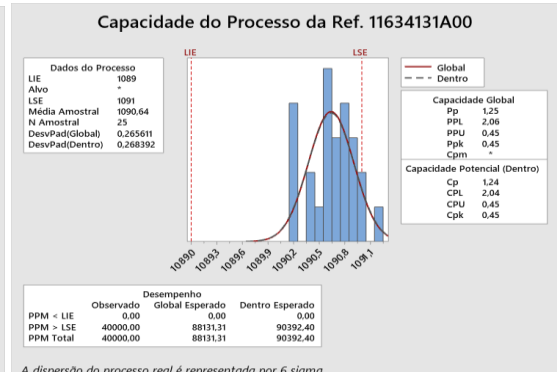
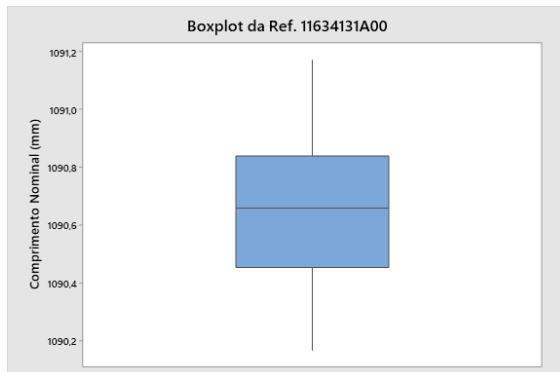
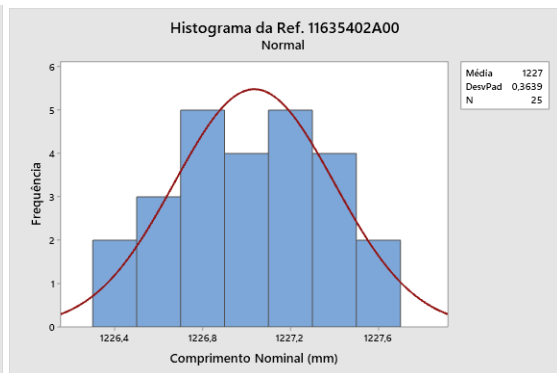
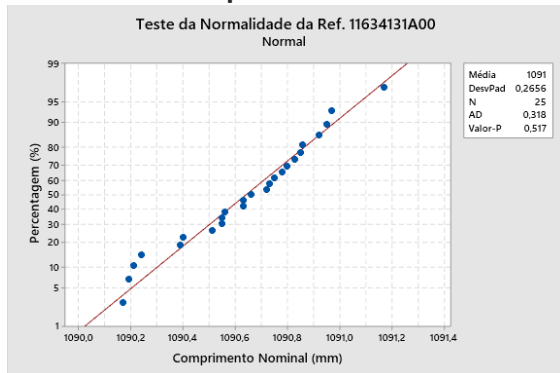


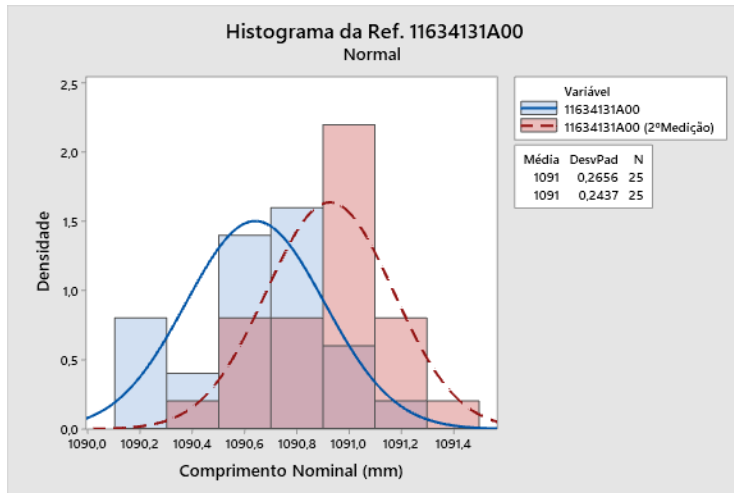
Referência da Espiral - 12635525A00



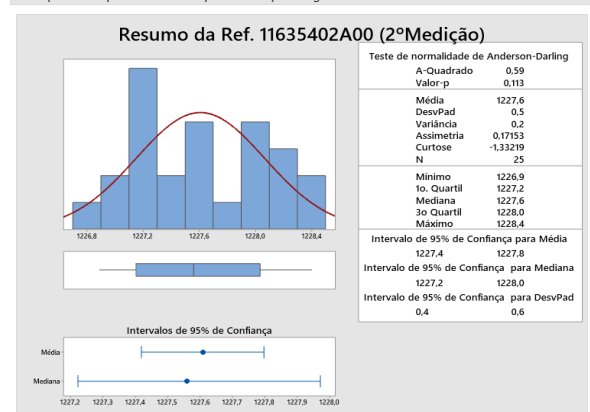
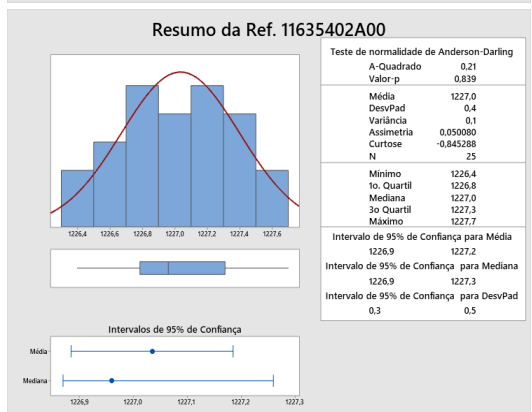
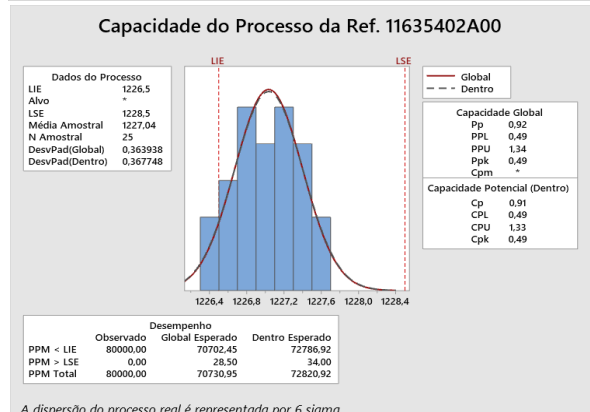
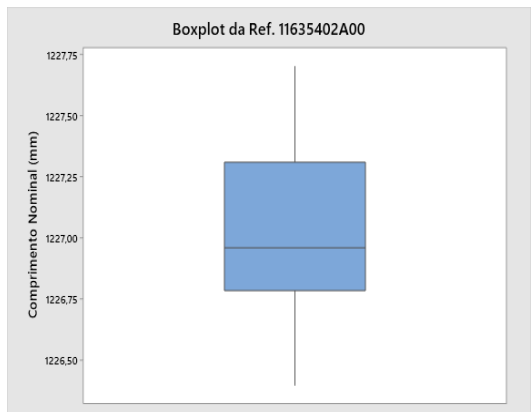
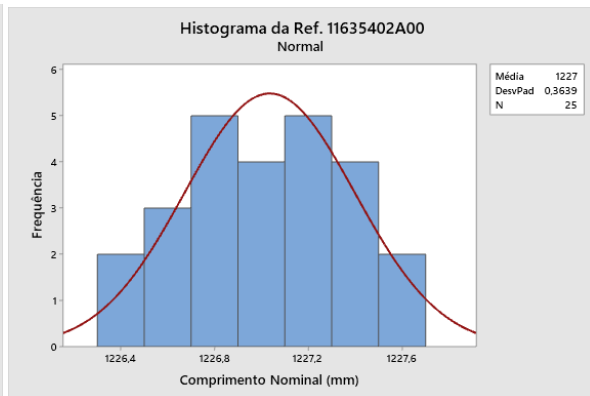
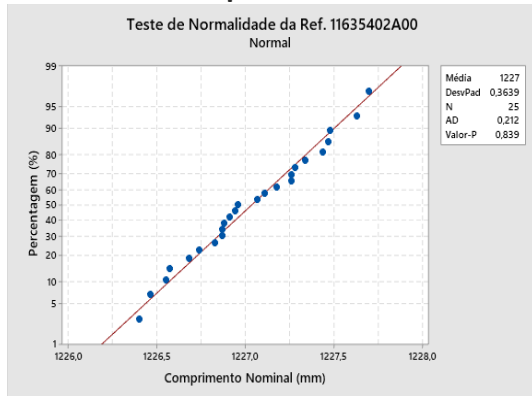


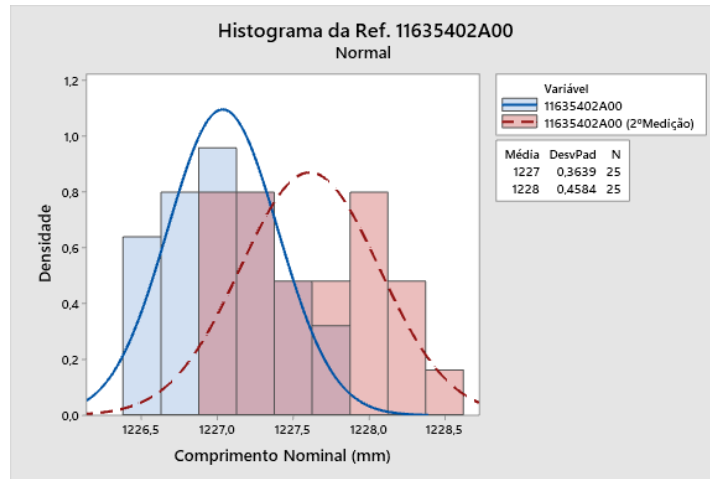
Referência da Espiral - 11634131A00



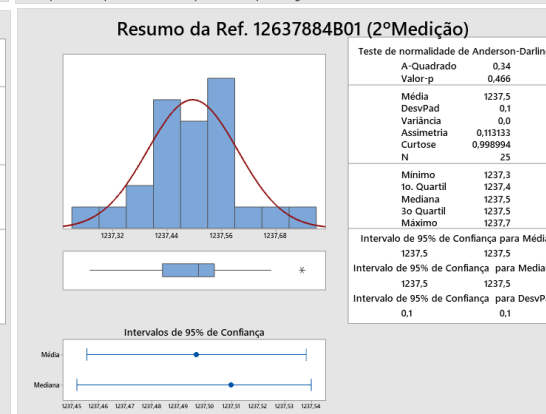
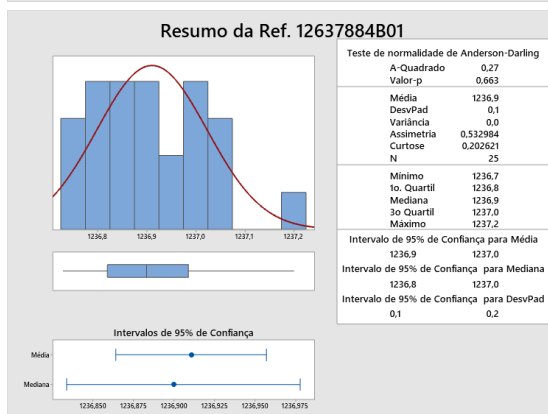
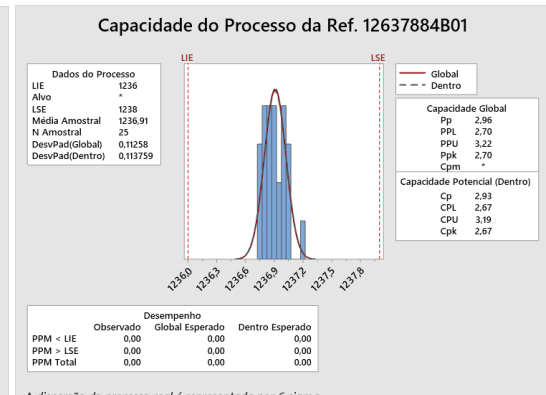
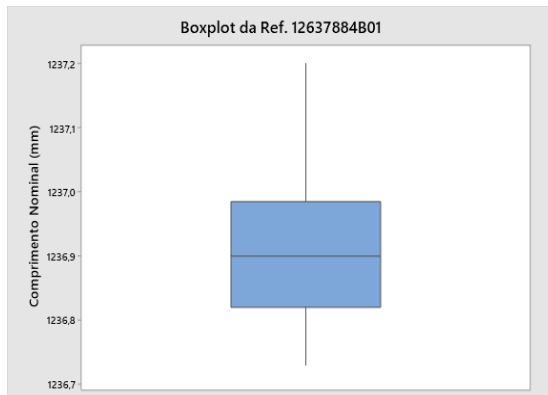
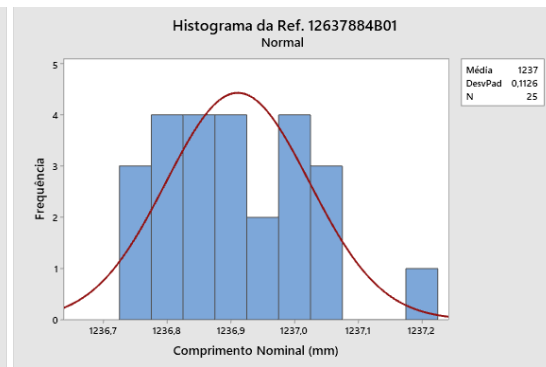
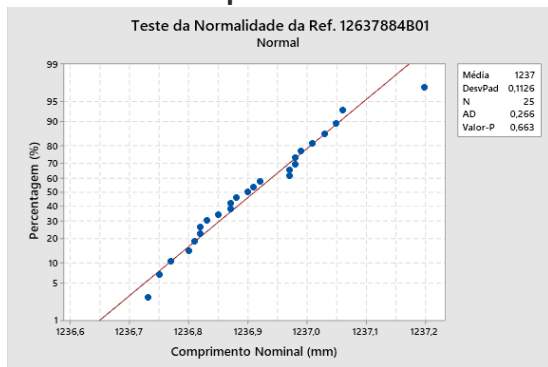


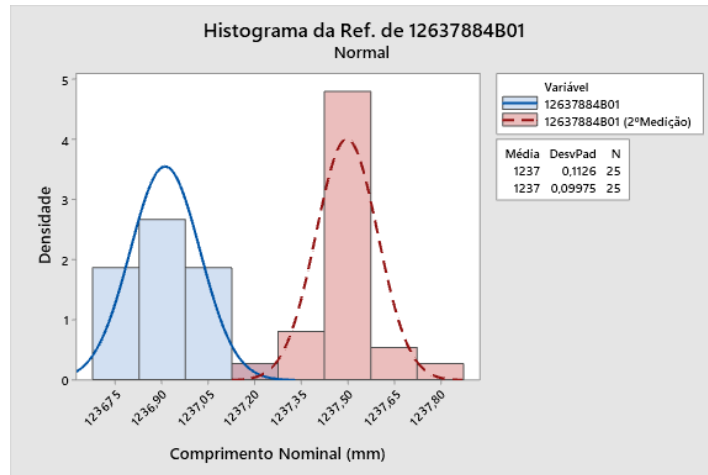
Referência da Espiral - 11635402A00



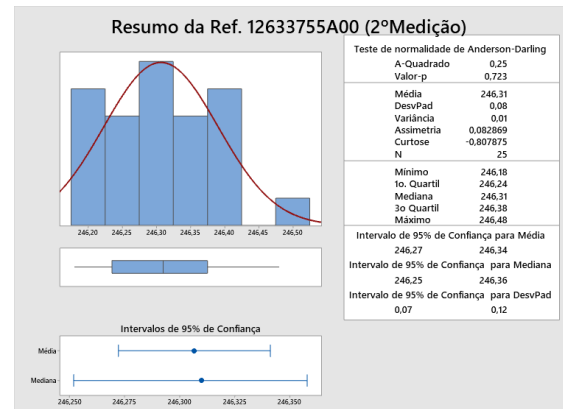
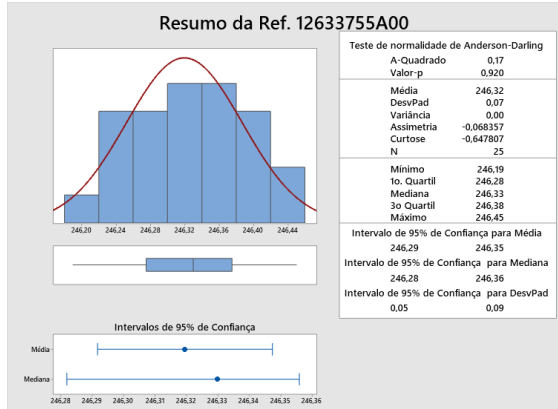
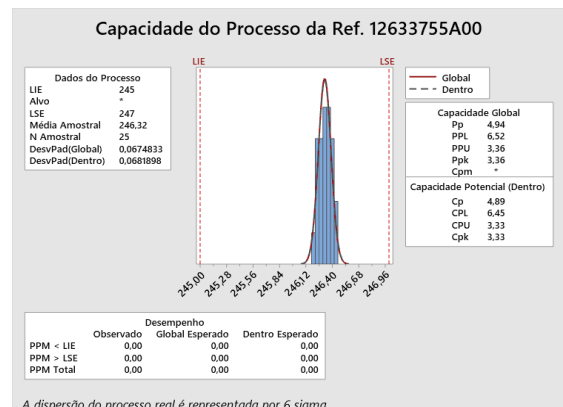
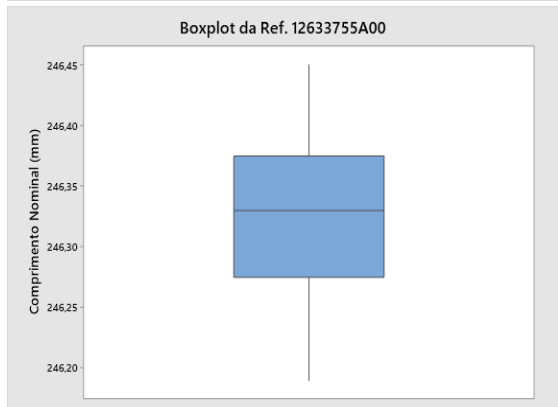
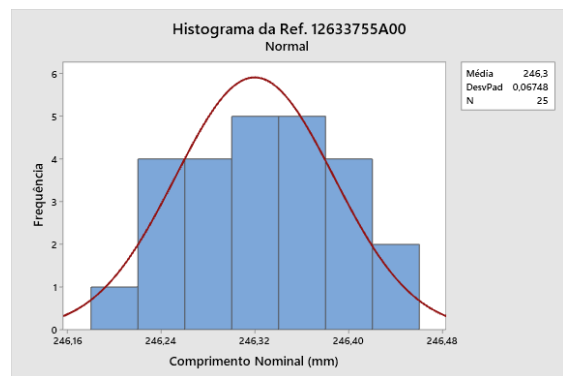
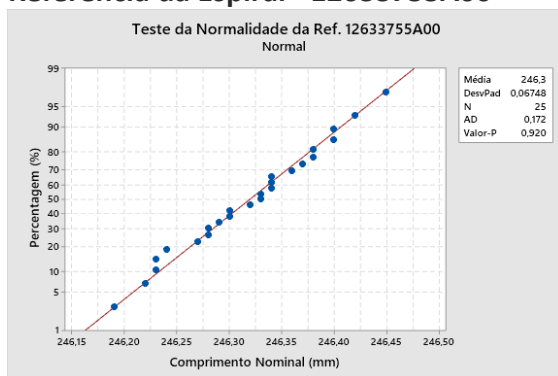


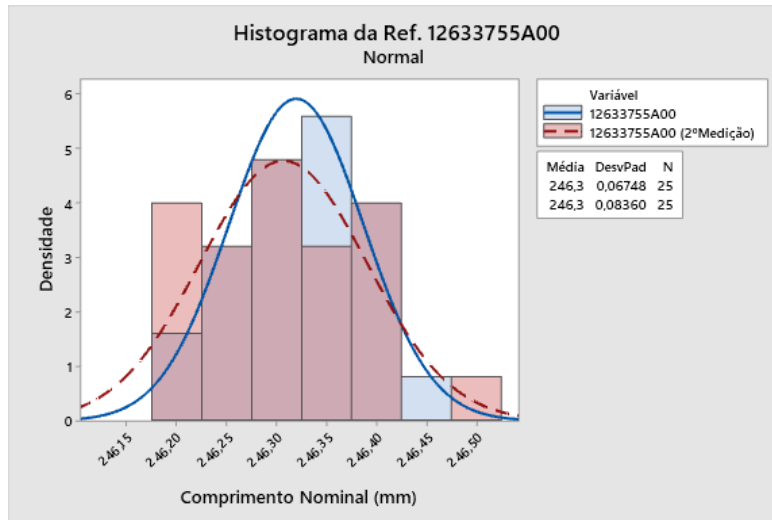
Referência da Espiral - 12637884B01



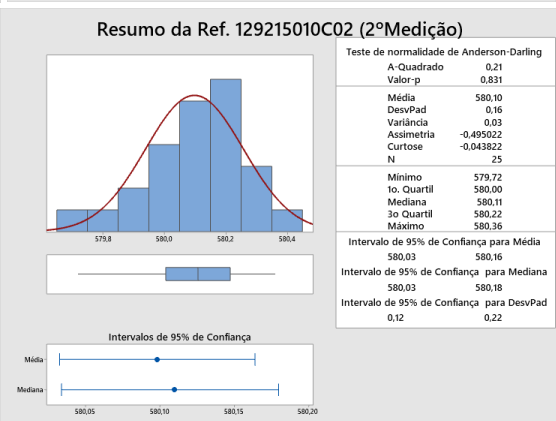
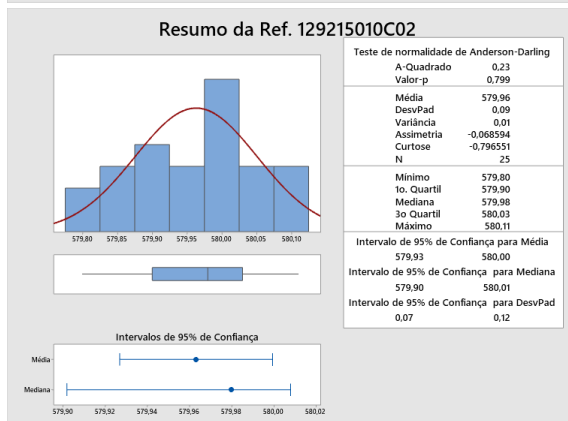
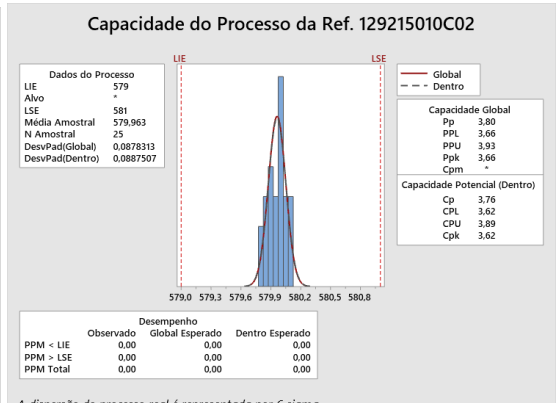
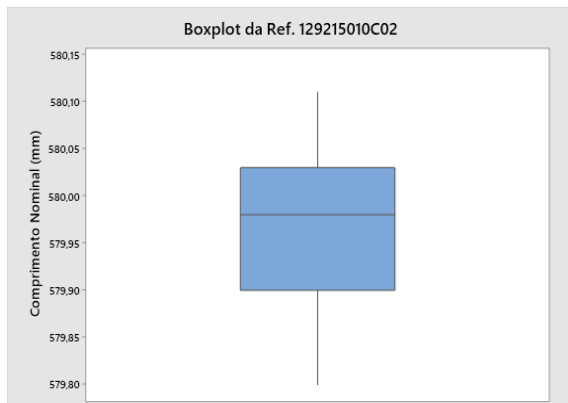
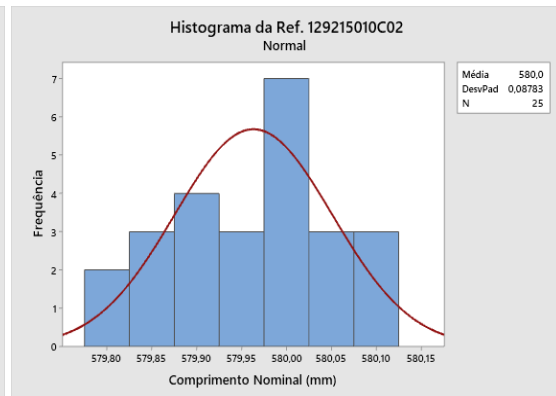
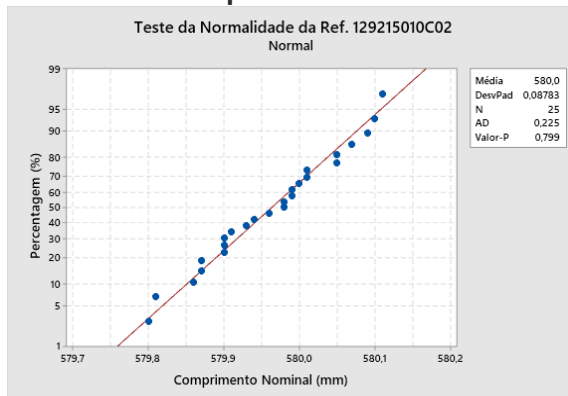


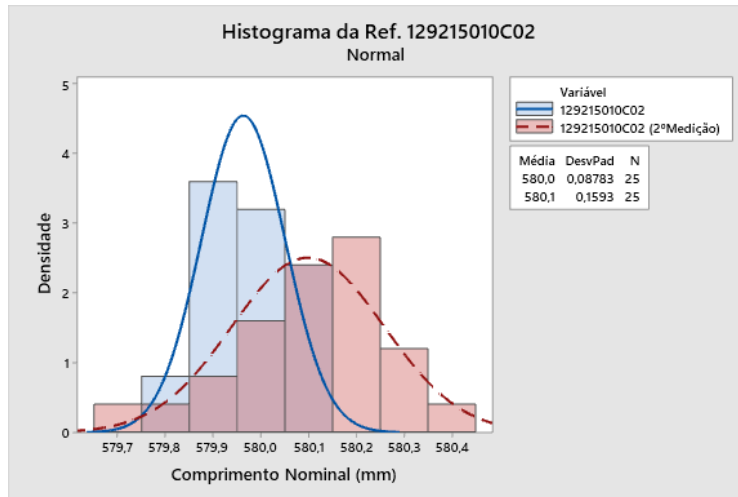
Referência da Espiral - 12633755A00



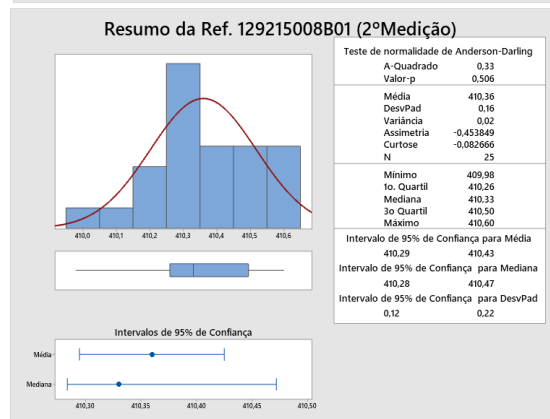
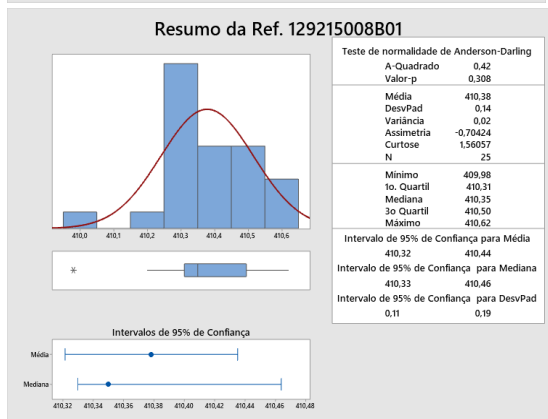
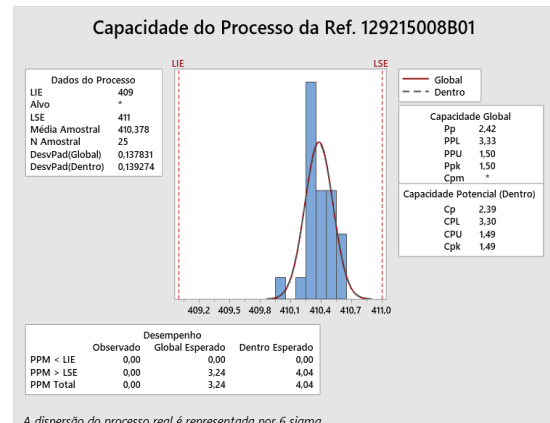
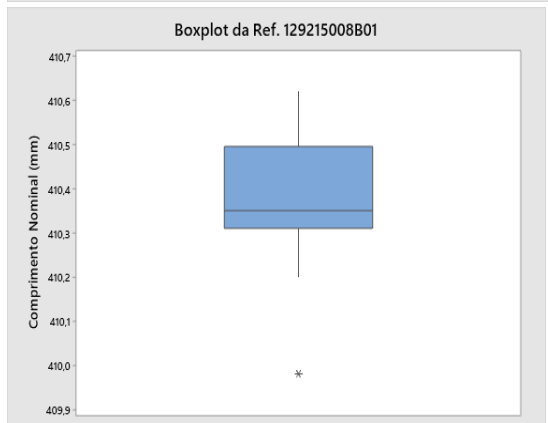
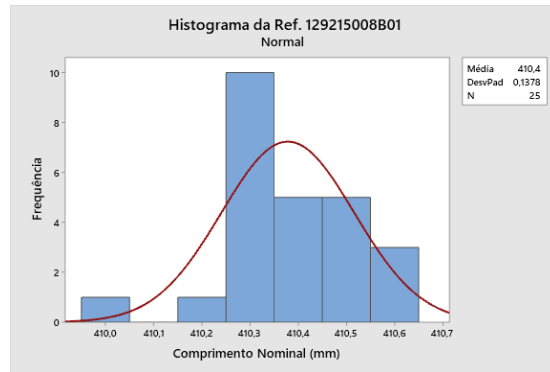
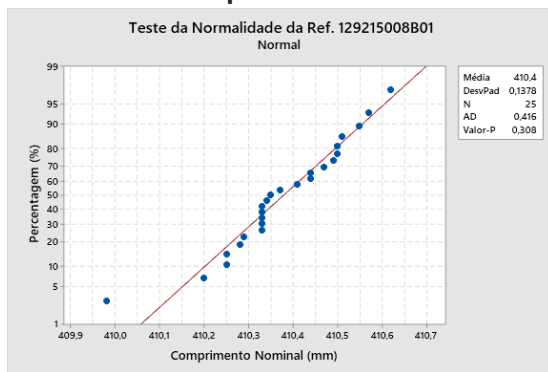


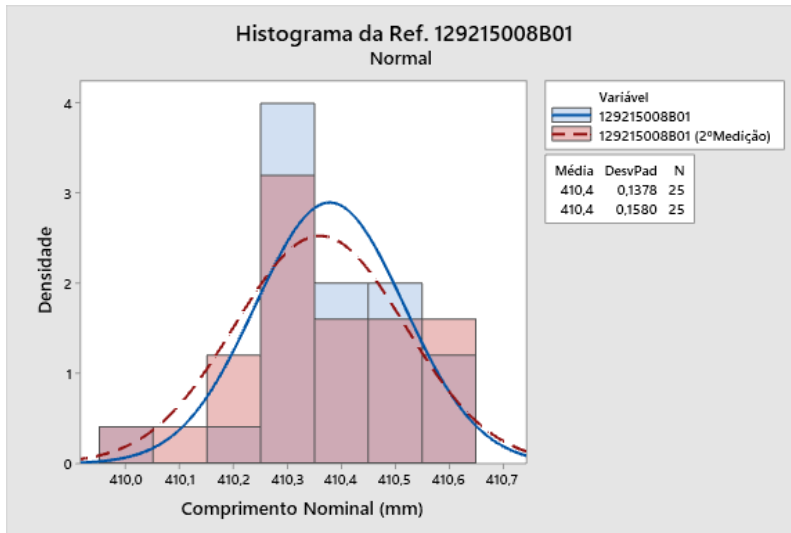
Referência da Espiral - 12921501C02



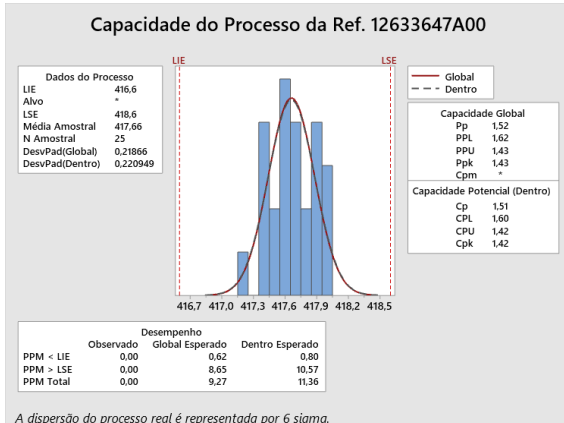
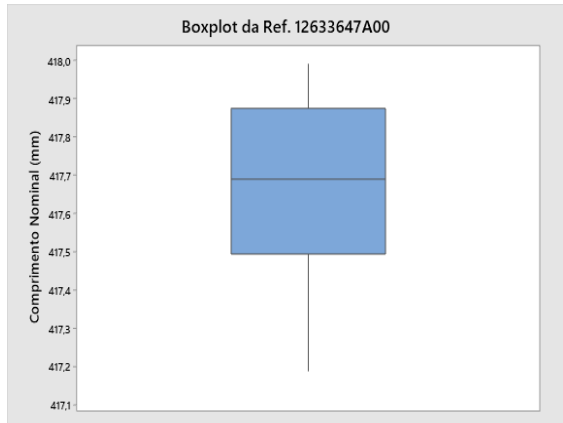
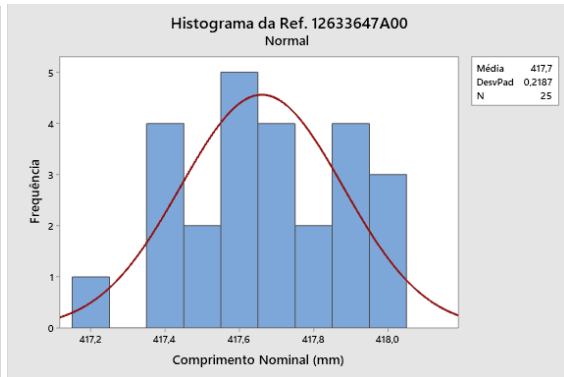
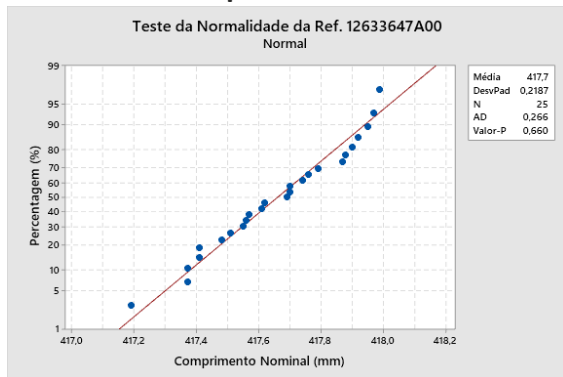


Referência da Espiral - 129215008B01

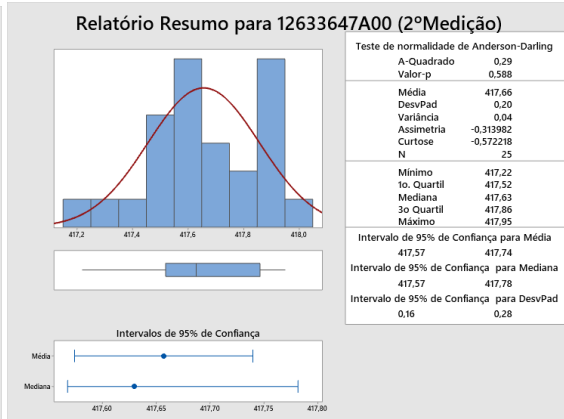
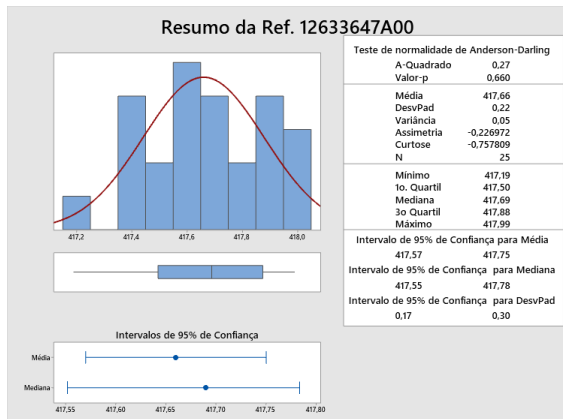


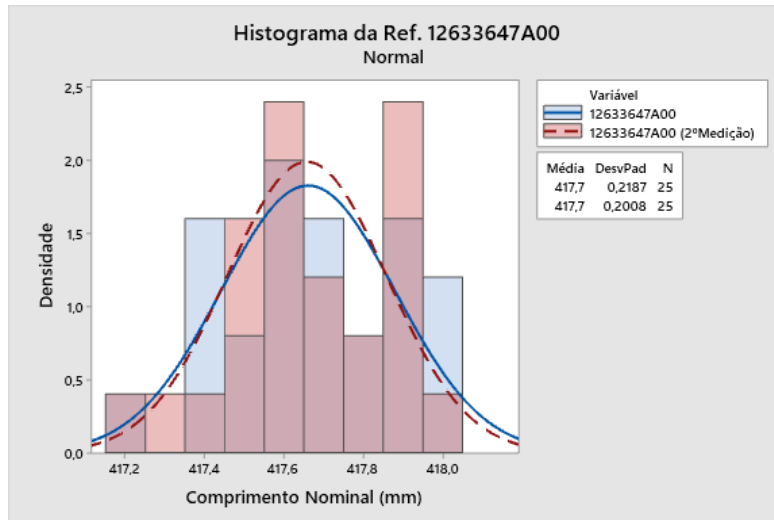


Referência da Espiral - 12633647A00

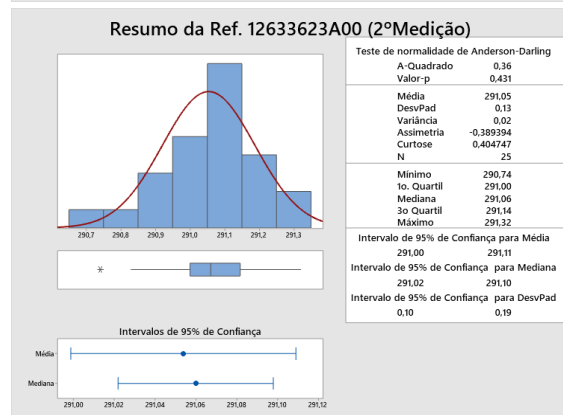
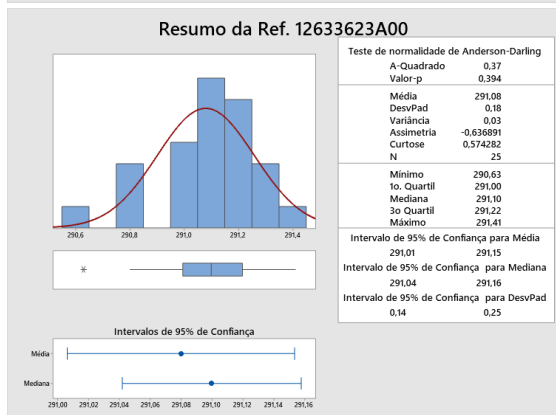
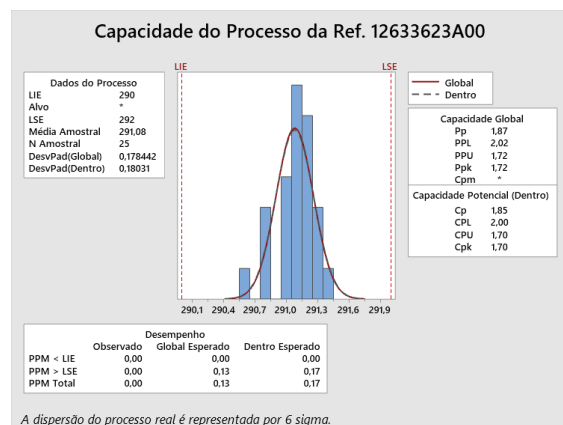
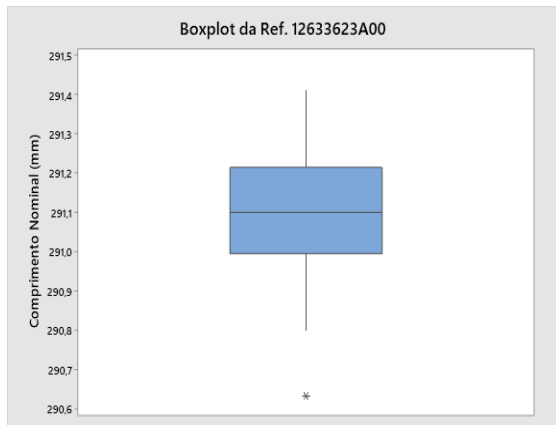
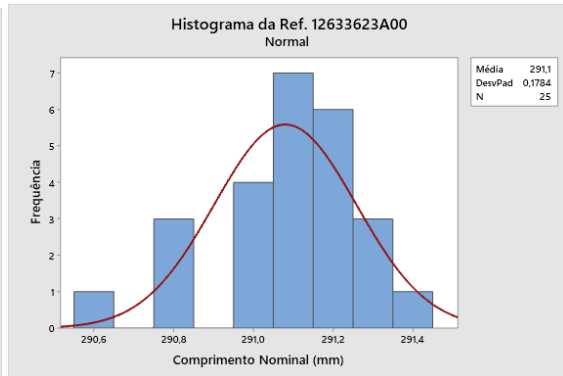
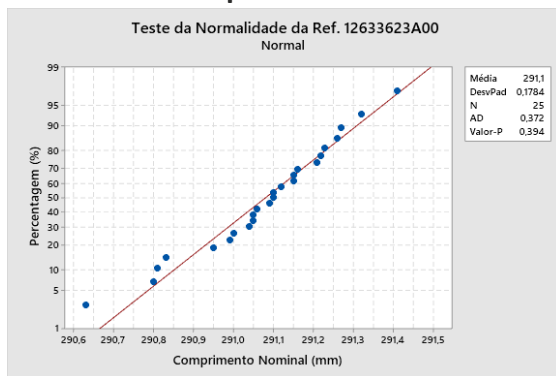


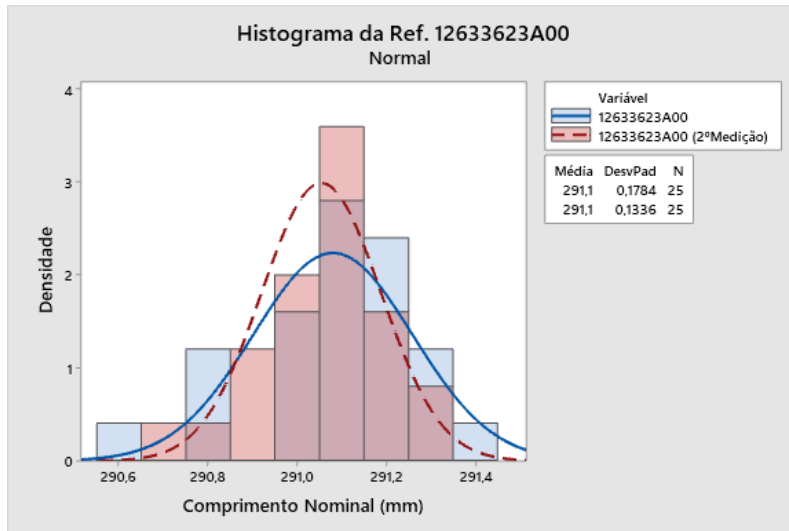
A dispersão do processo real é representada por 6 sigma.



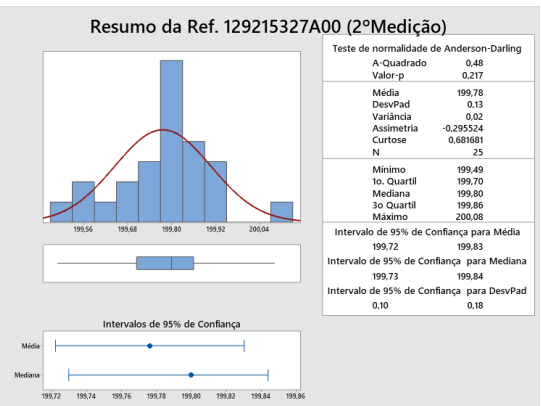
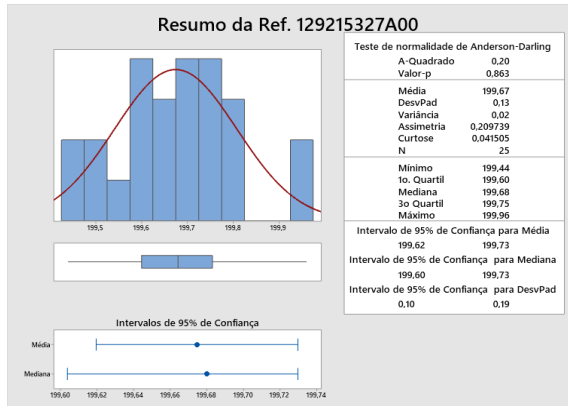
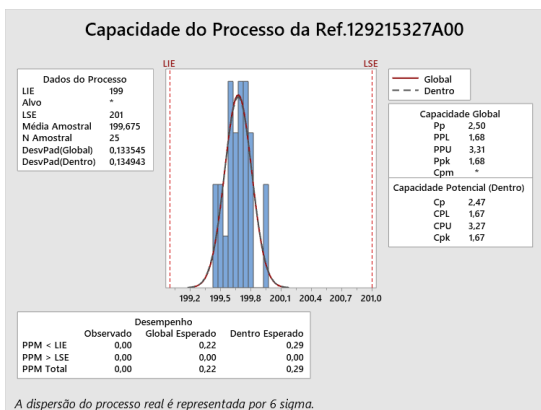
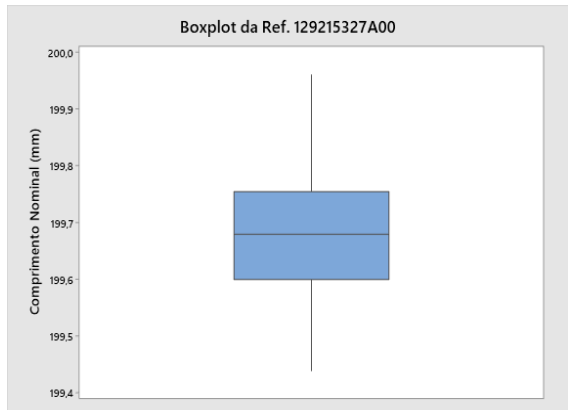
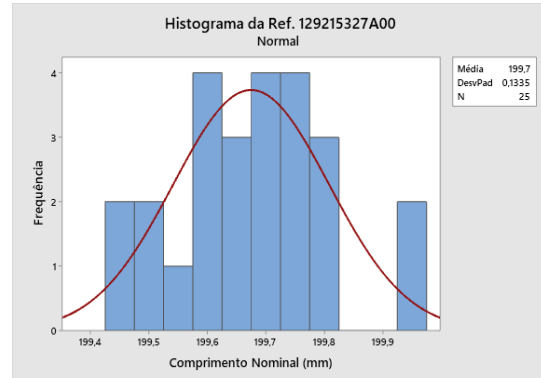
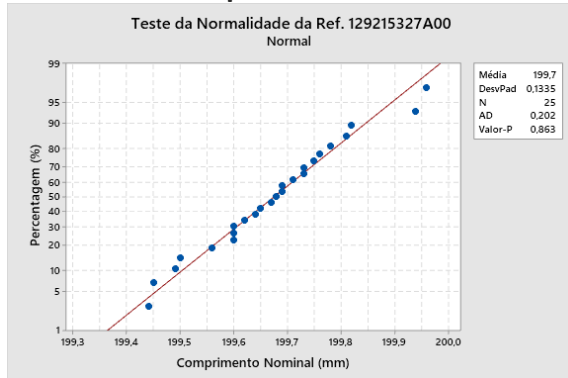


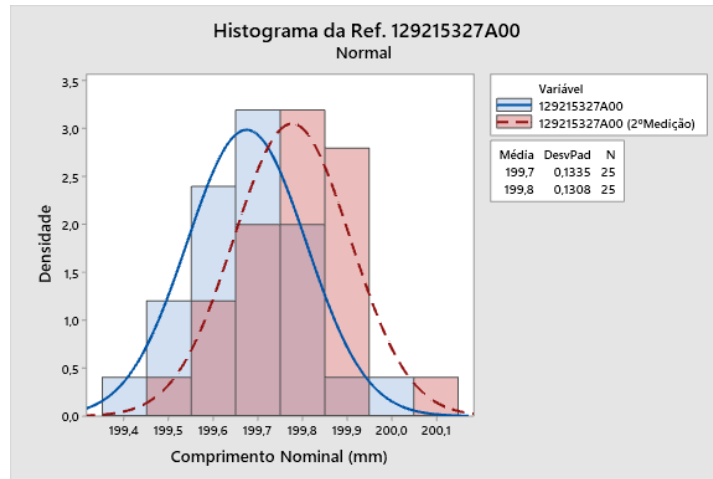
Referência da Espiral - 12633623A00



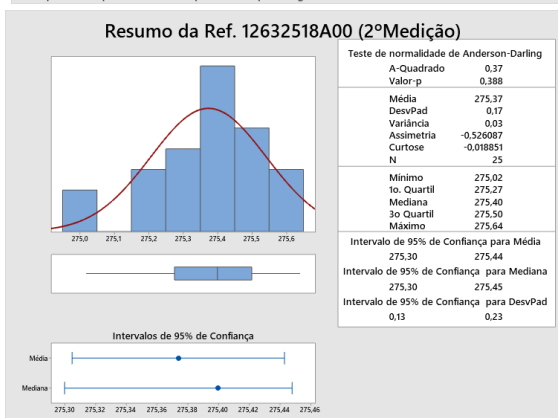
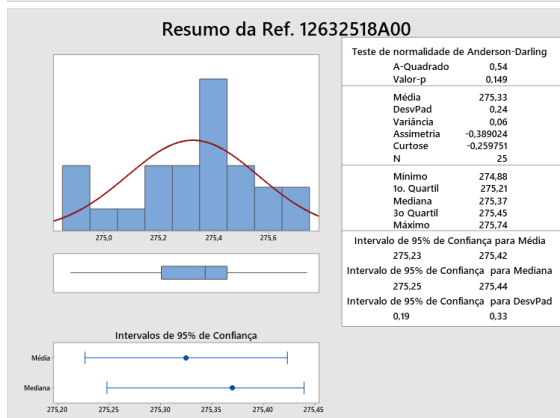
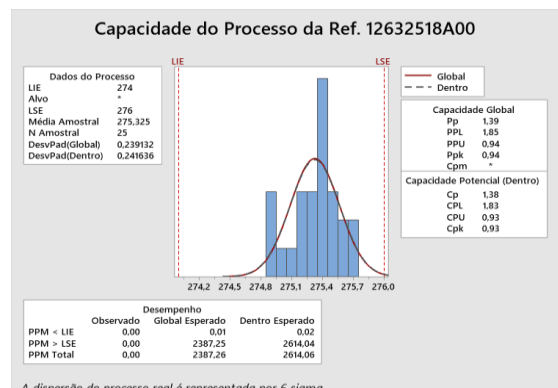
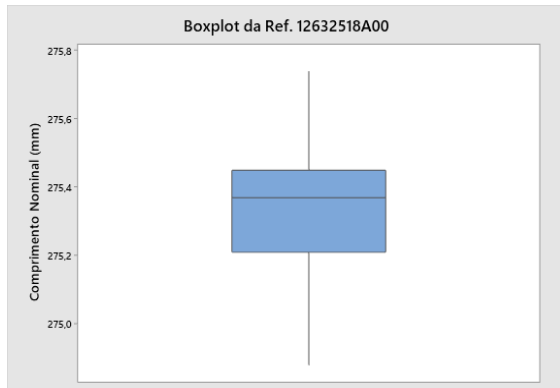
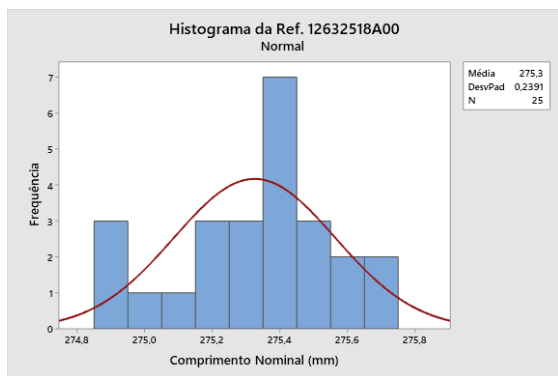
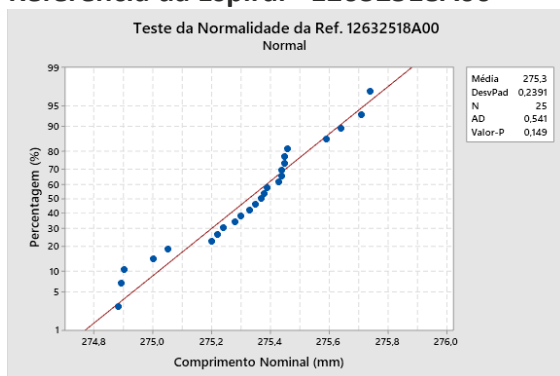


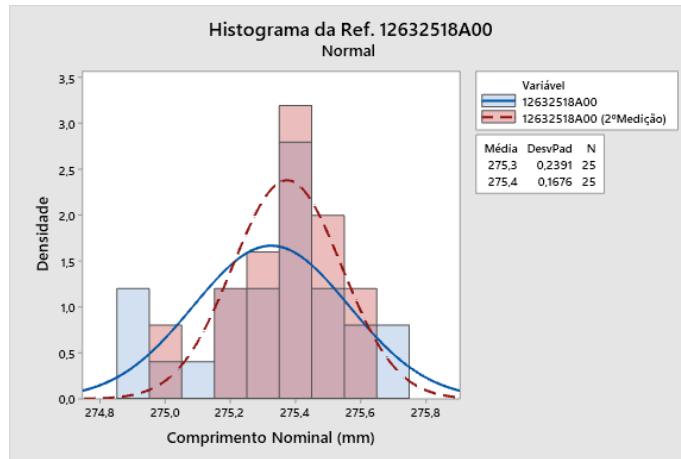
Referência da Espiral - 129215327A00



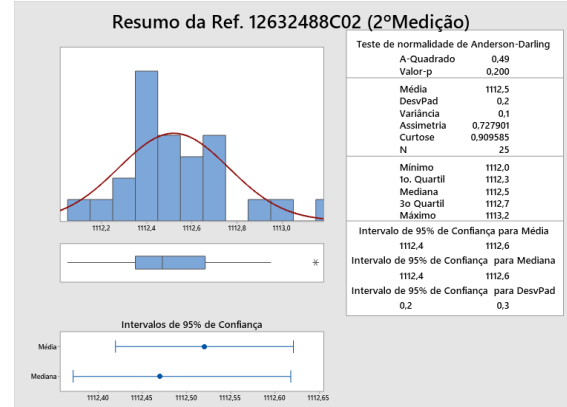
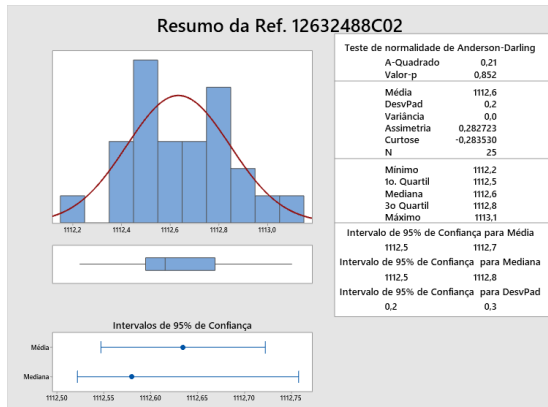
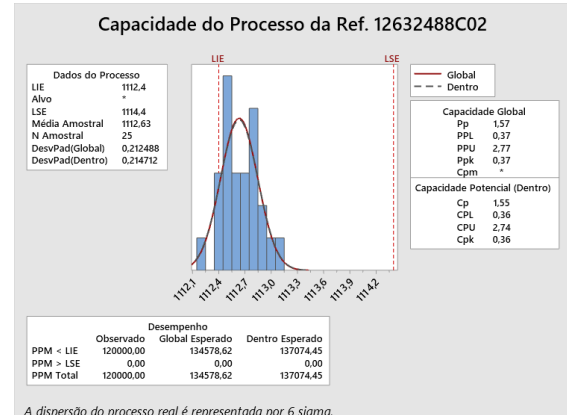
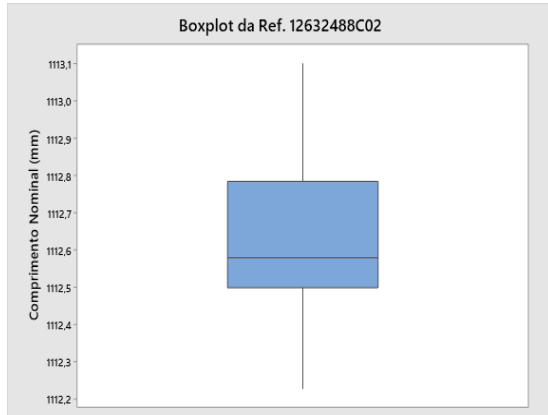
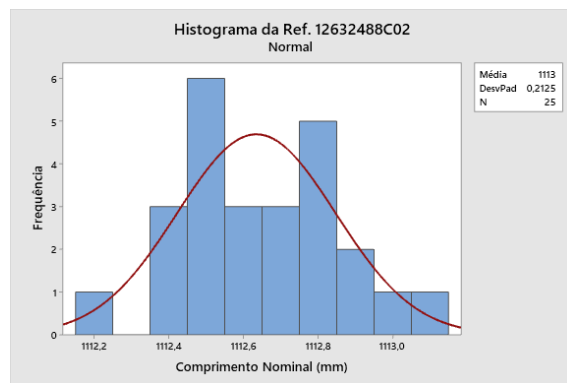
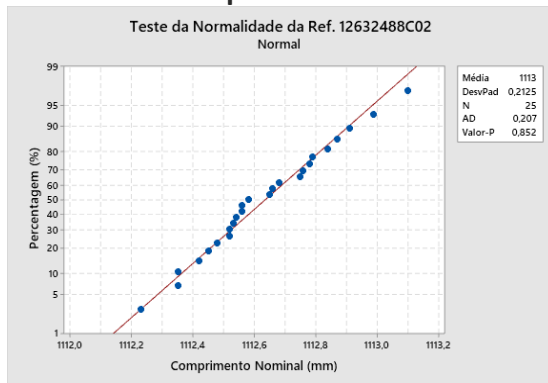


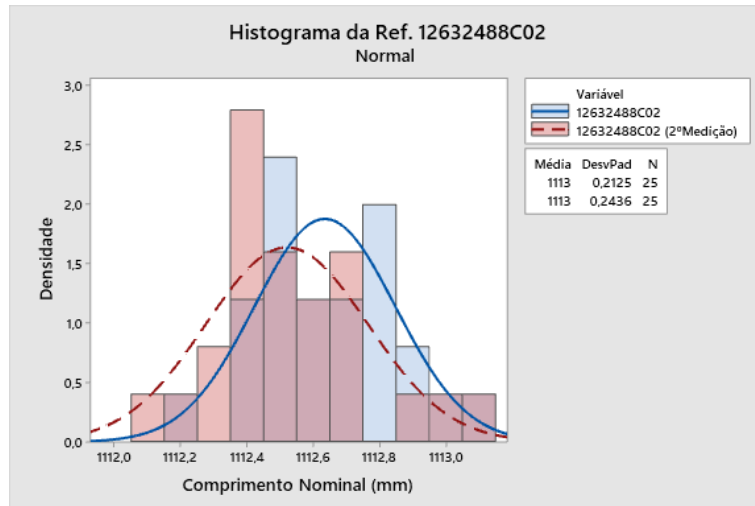
Referência da Espiral - 12632518A00



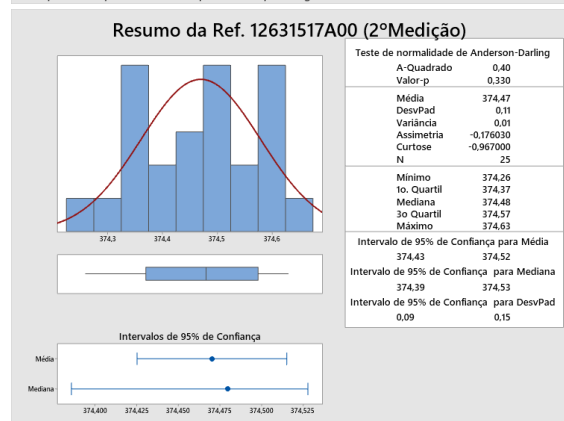
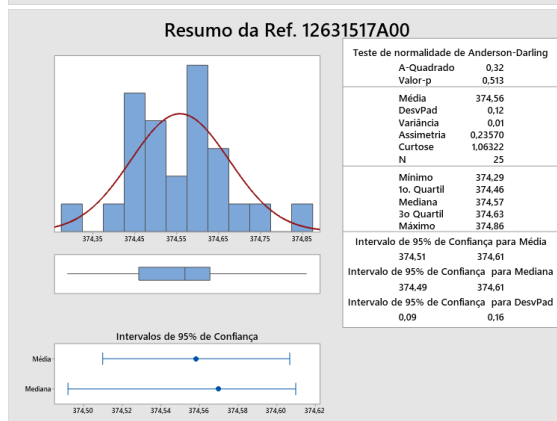
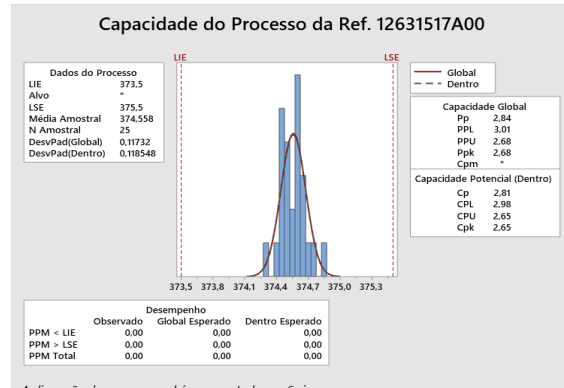
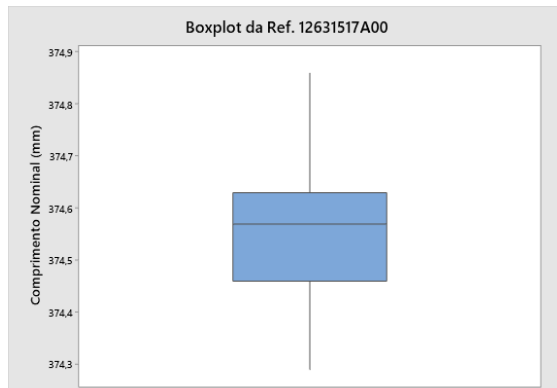
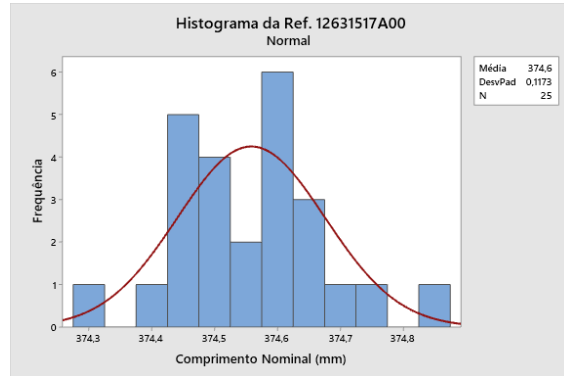
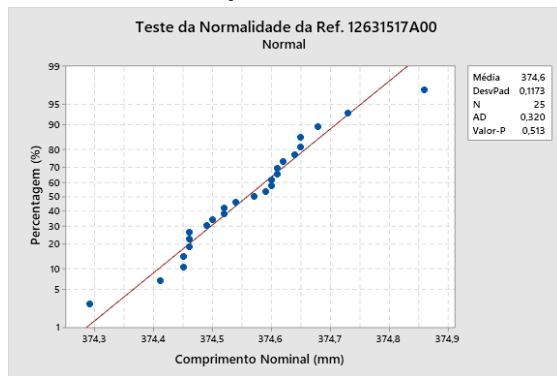


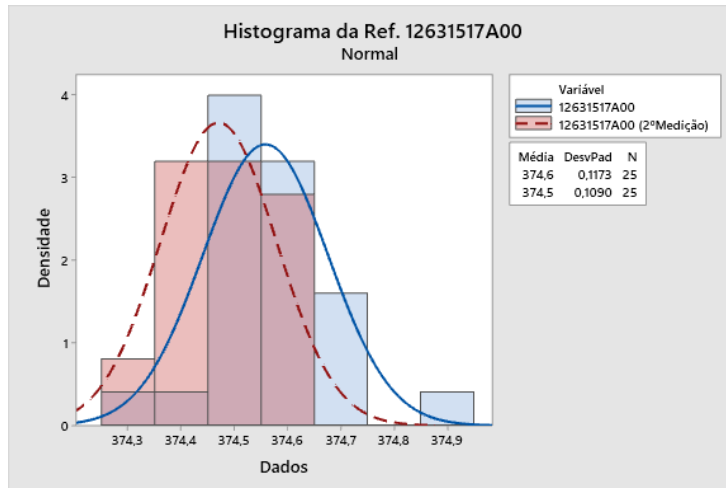
Referência da Espiral - 12632488C02



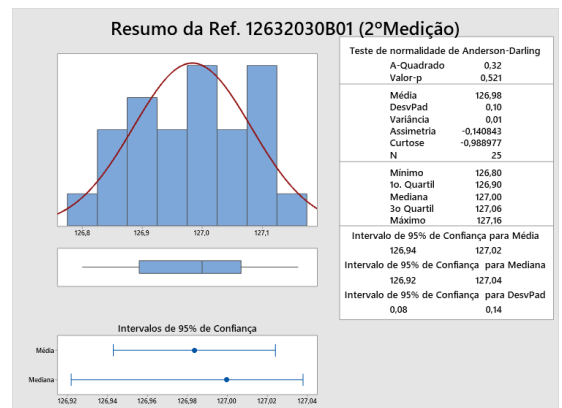
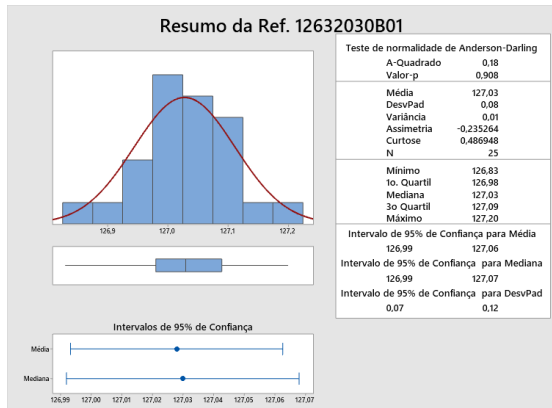
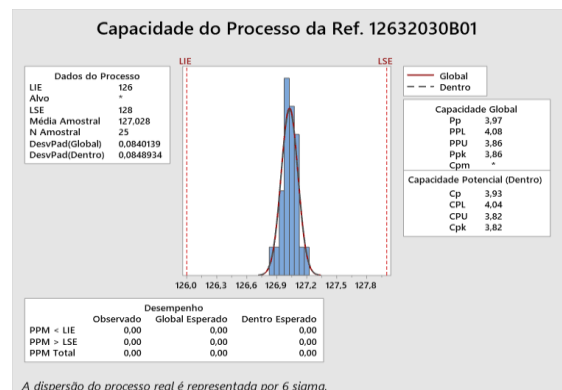
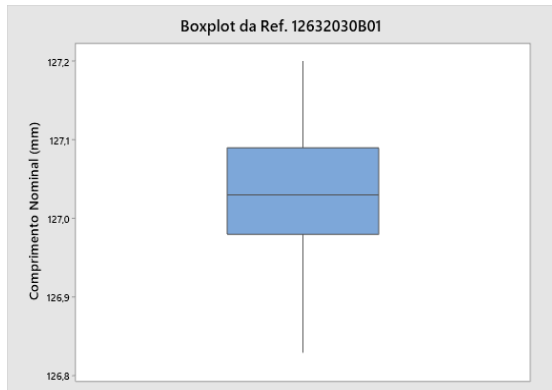
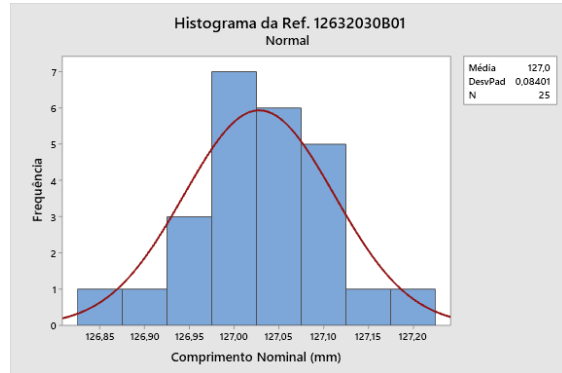
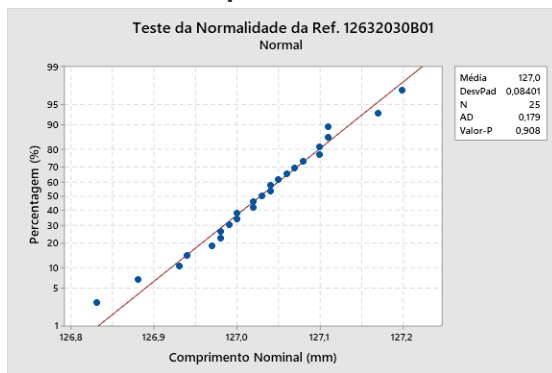


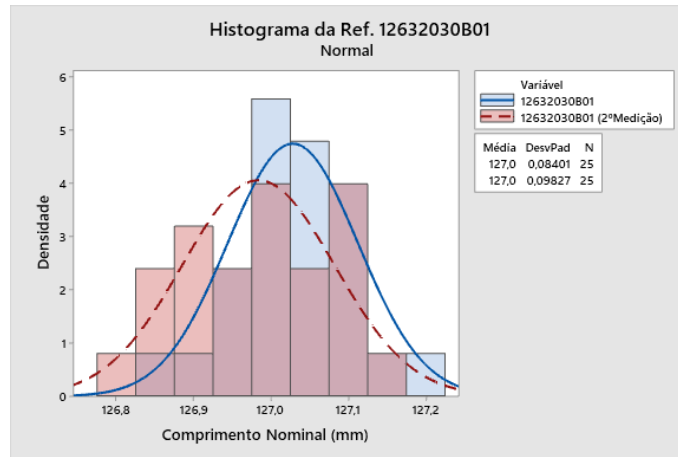
Referência da Espiral - 12631517A00



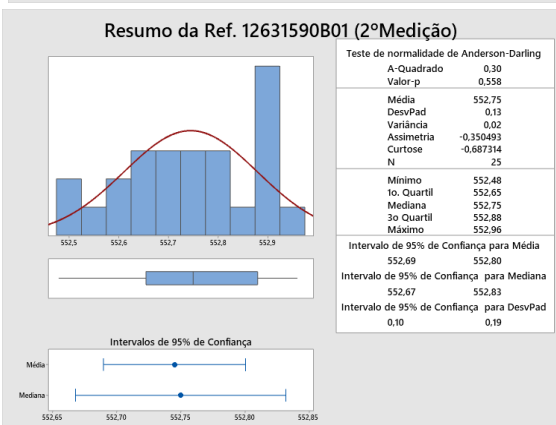
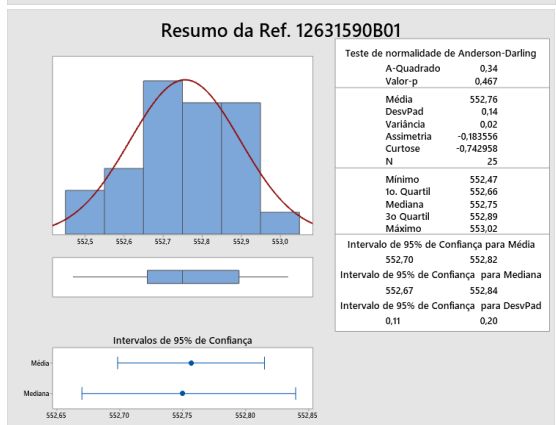
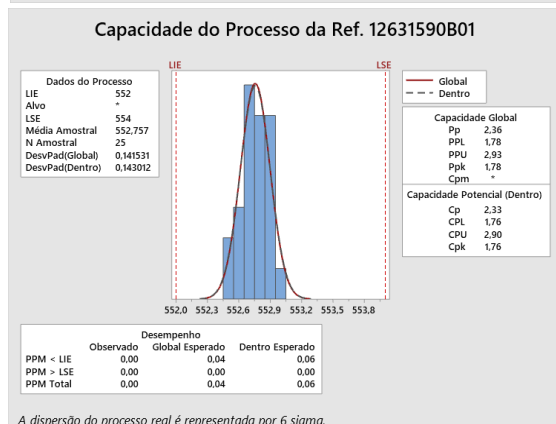
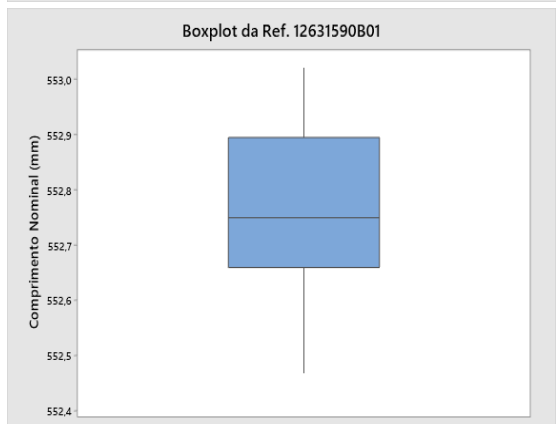
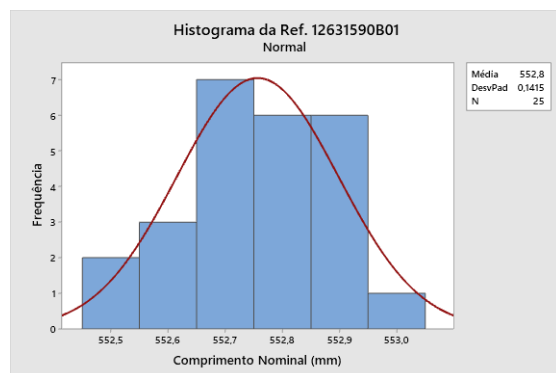
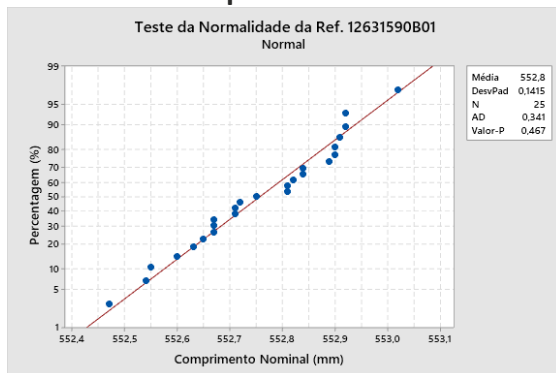


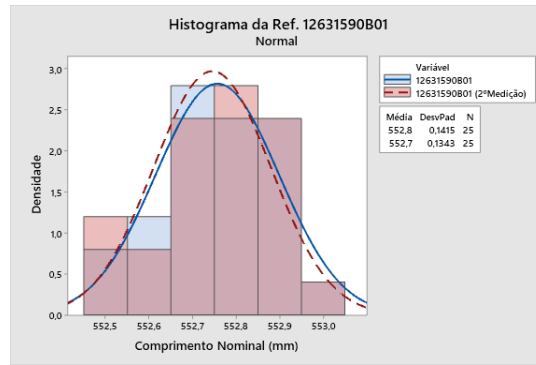
Referência da Espiral - 12632030B01



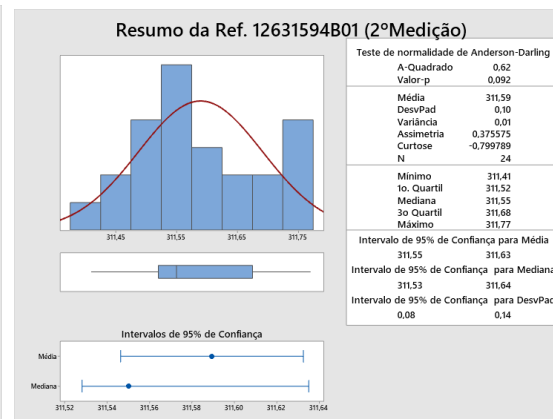
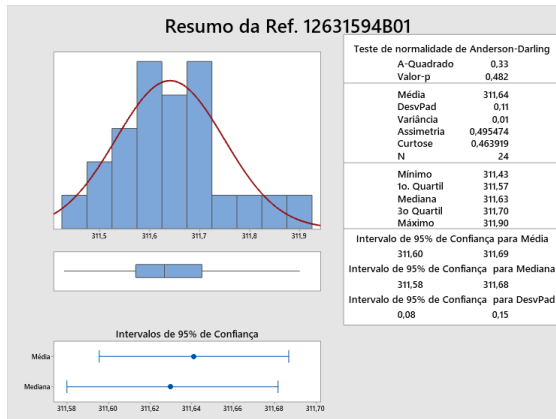
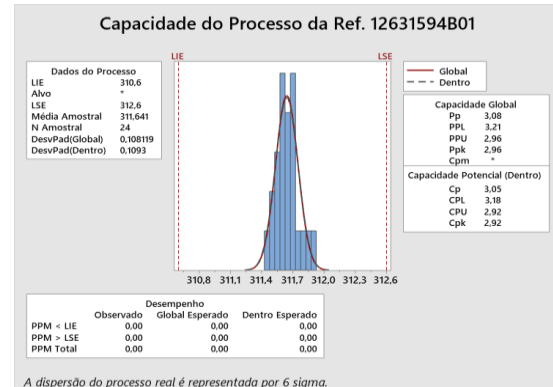
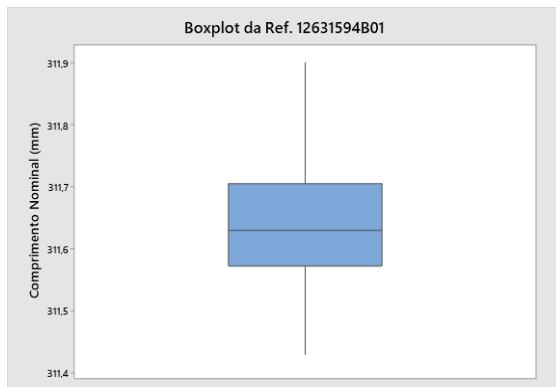
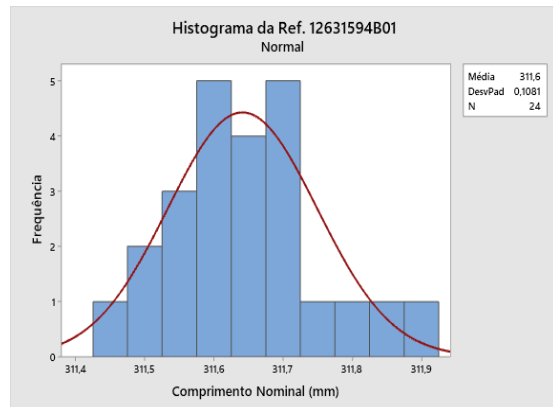
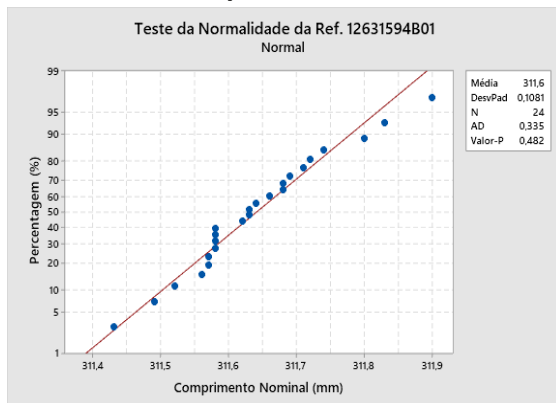


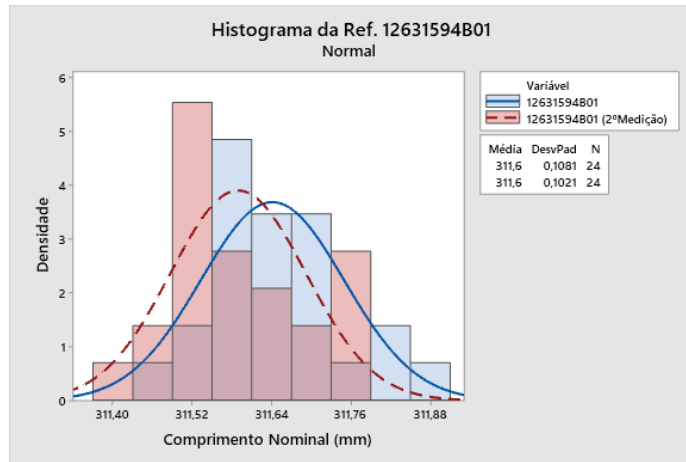
Referência da Espiral - 12631590B01



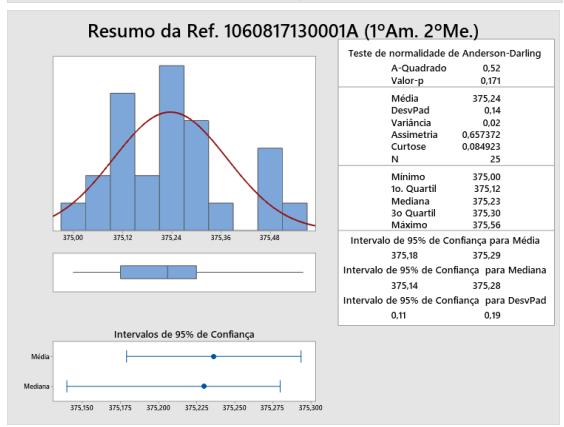
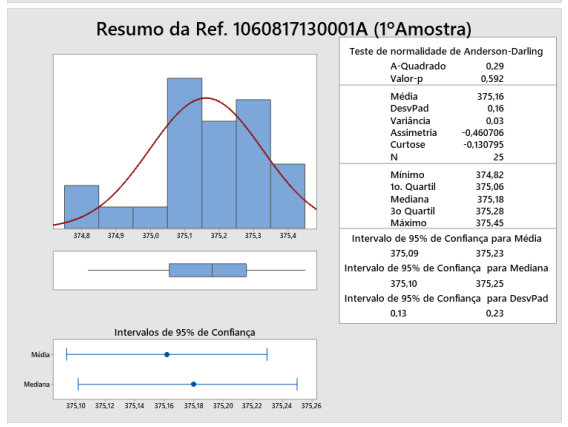
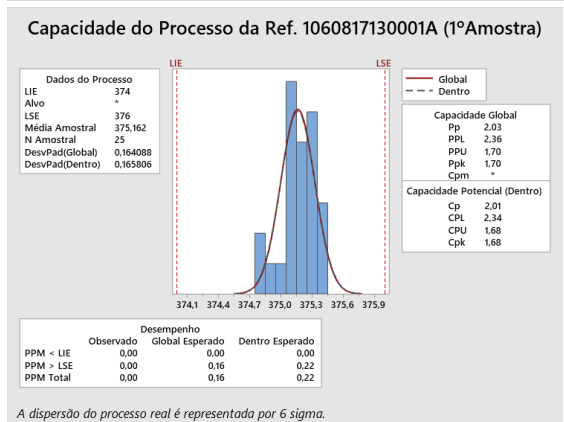
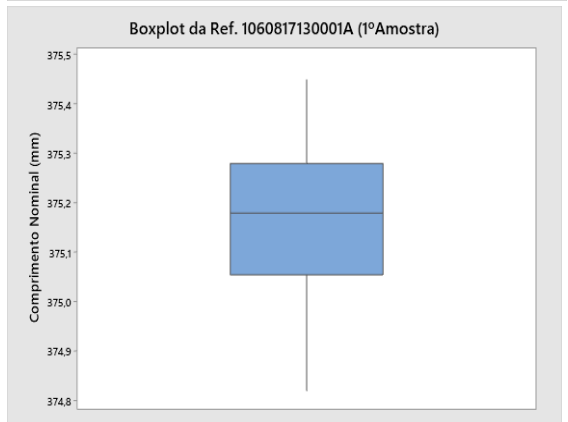
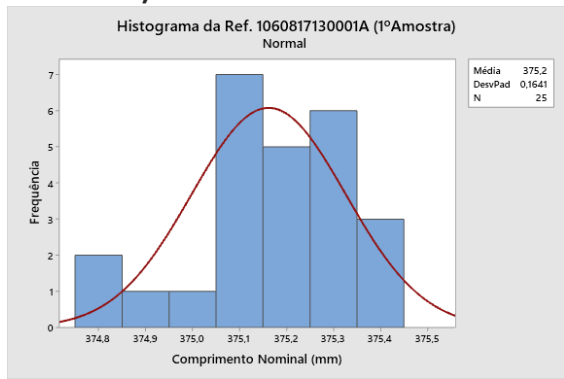
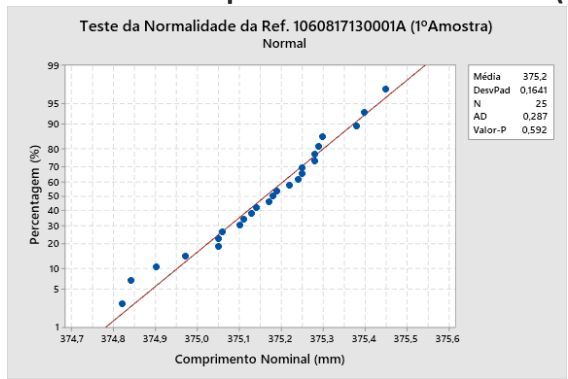


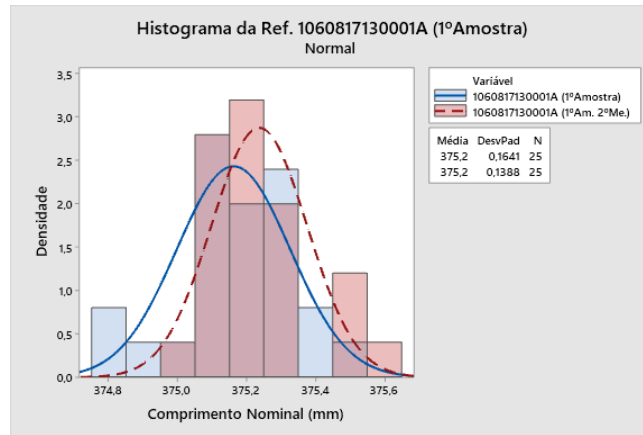
Referência da Espiral - 12631594B01



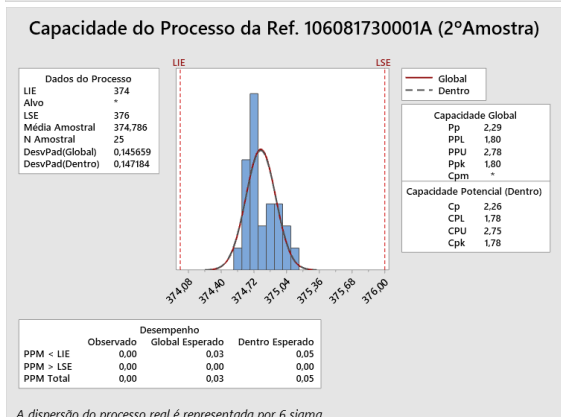
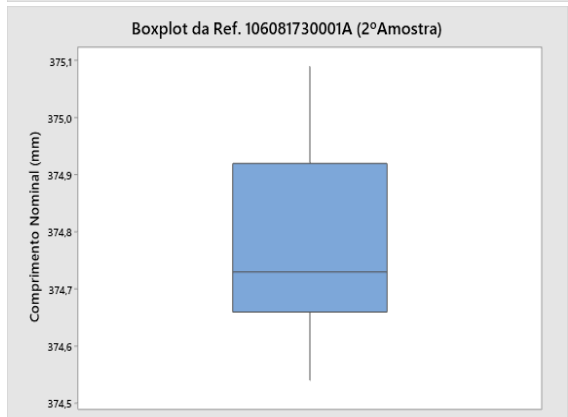
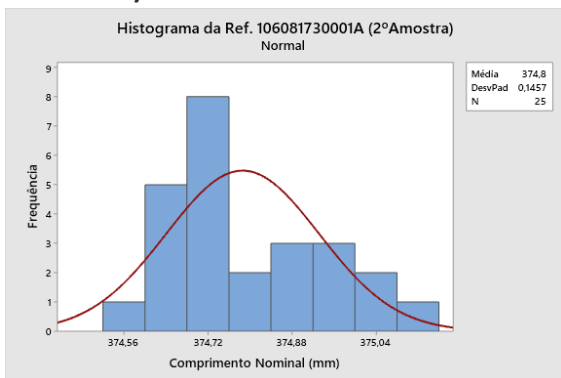
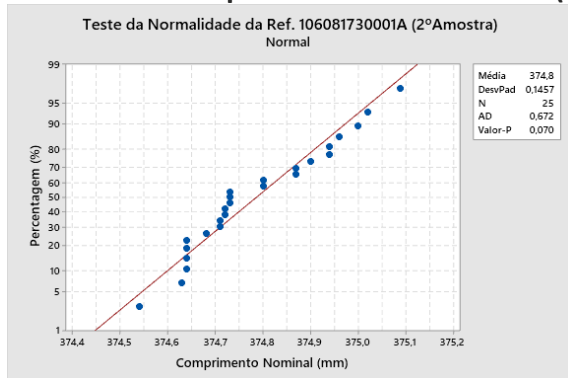


Referência da Espiral – 1060817130001A (1ª Amostra)

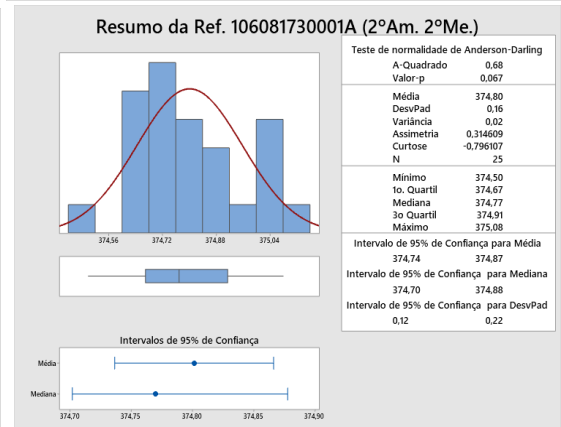
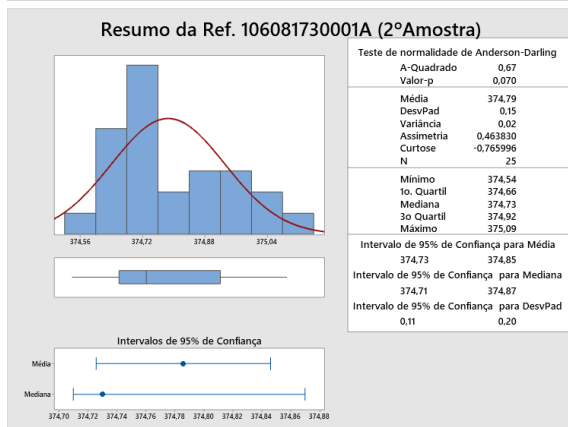


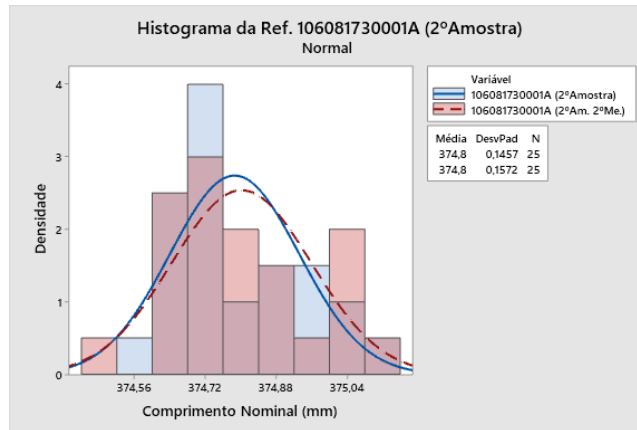


Referência da Espiral – 1060817130001A (2ªAmostra)

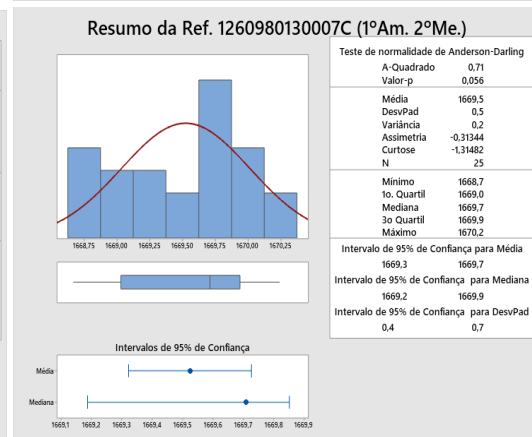
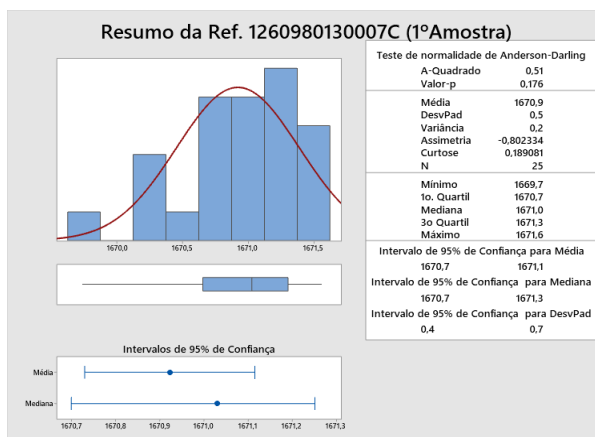
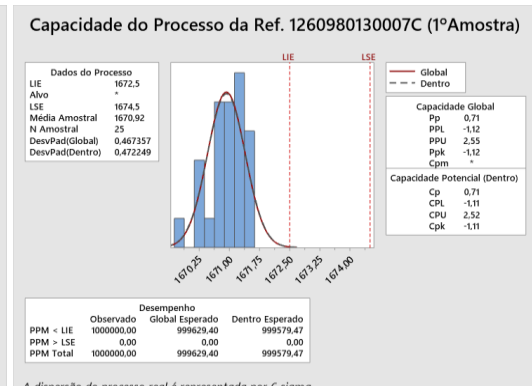
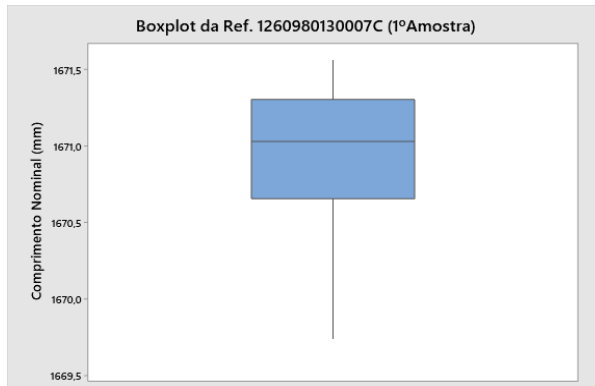
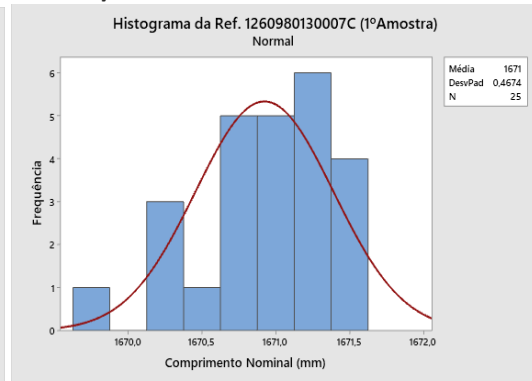
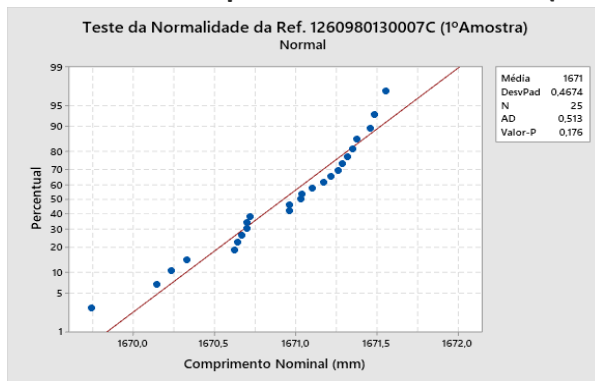


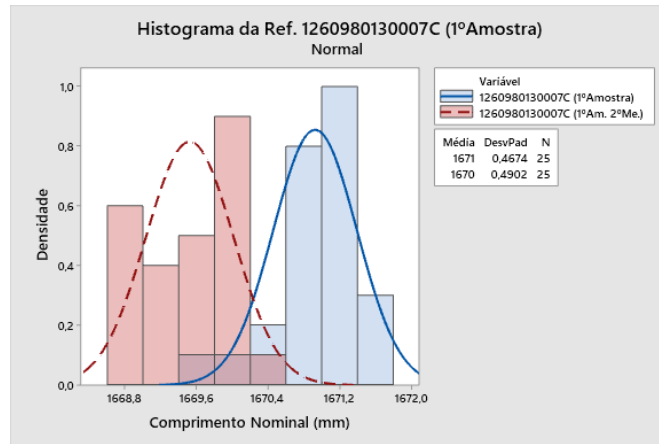
A dispersão do processo real é representada por 6 sigma.



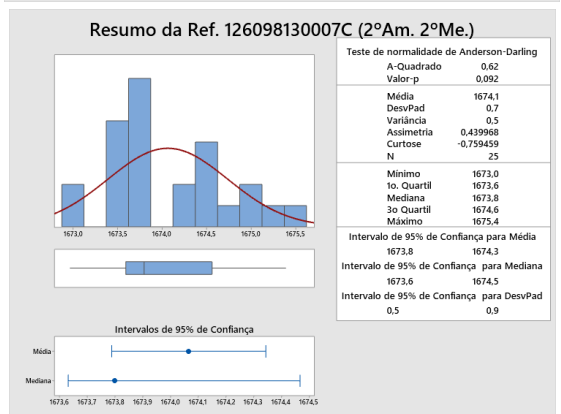
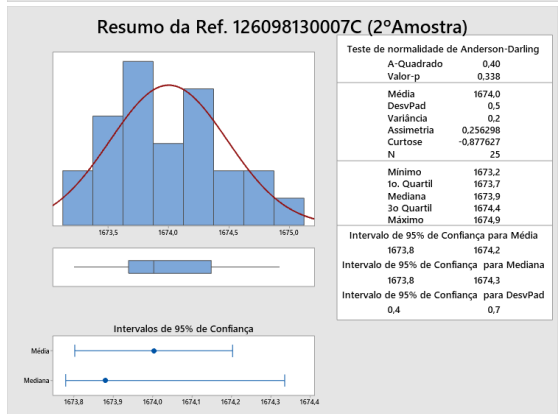
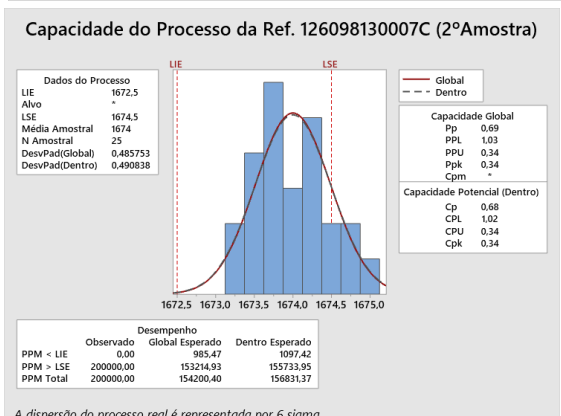
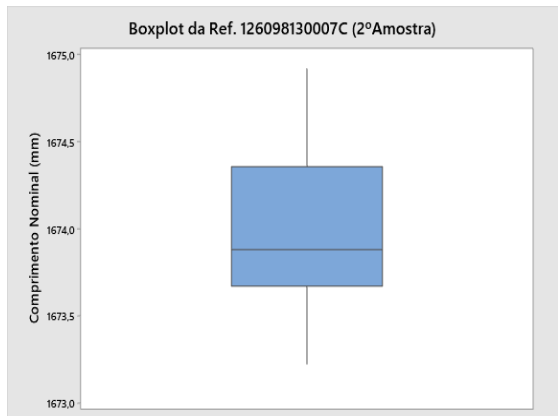
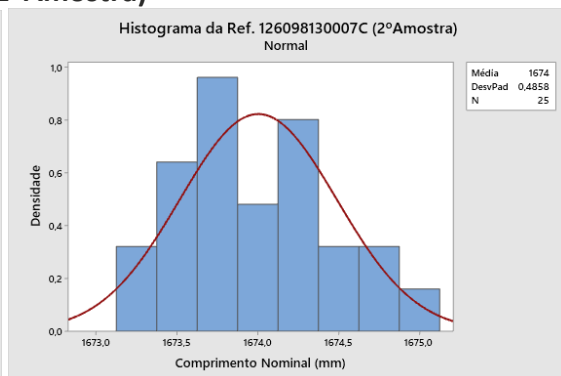
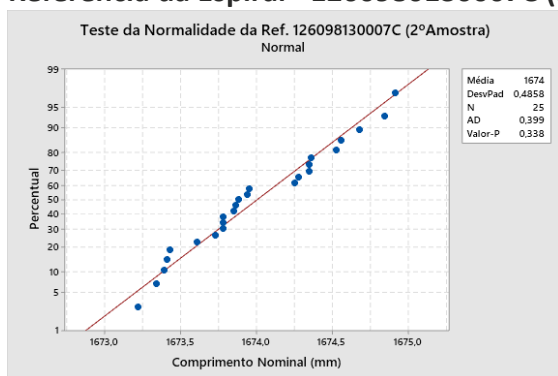


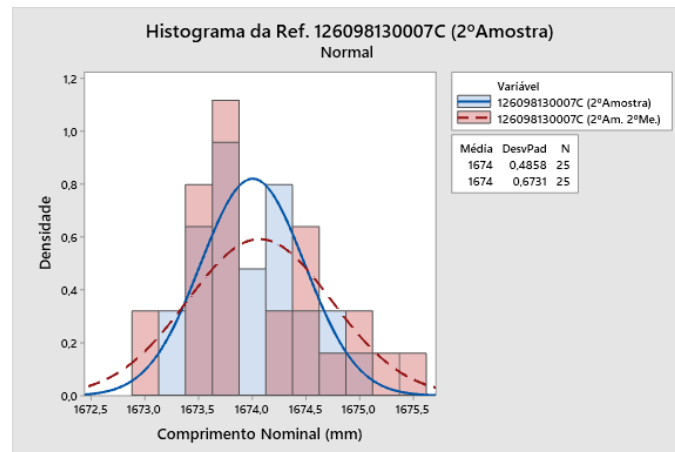
Referência da Espiral - 1260980130007C (1ªAmostra)





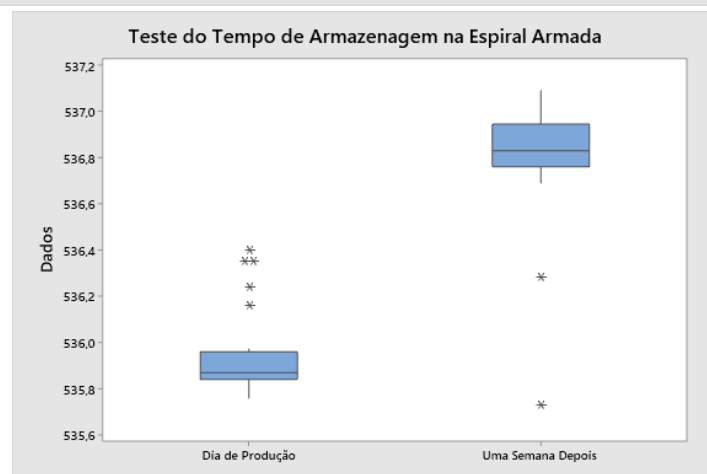
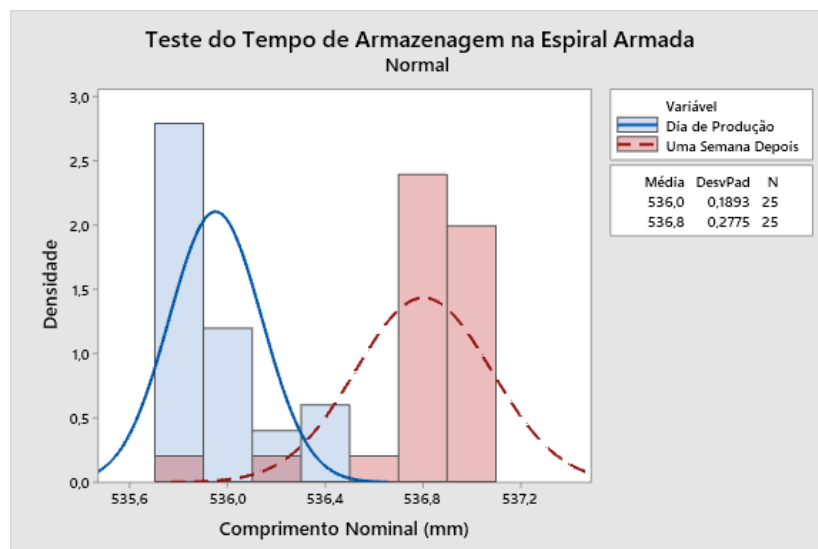
Referência da Espiral - 1260980130007C (1ªAmostra)





7.2 Anexo 2 – Resultados obtidos nos testes na fase de análise

- **Tempo de Armazenagem**



Teste de Mann-Whitney: Dia de Produção e Uma Semana Depois

Método

η_1 : mediana de Dia de Produção

η_2 : mediana de Uma Semana Depois

Diferença: $\eta_1 - \eta_2$

Estatísticas Descritivas

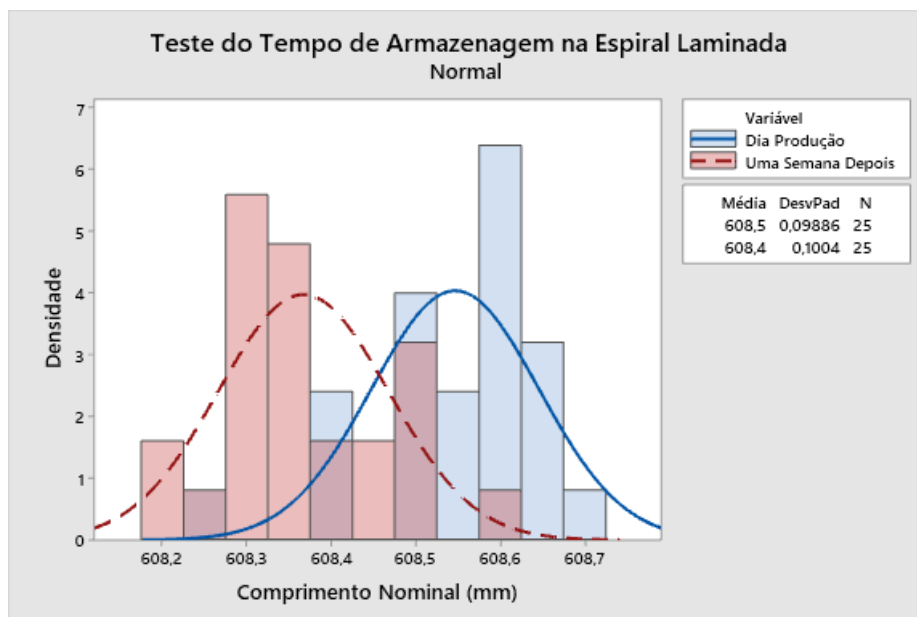
| Amostra | N | Mediana |
|-------------------|----|---------|
| Dia de Produção | 25 | 535,87 |
| Uma Semana Depois | 25 | 536,83 |

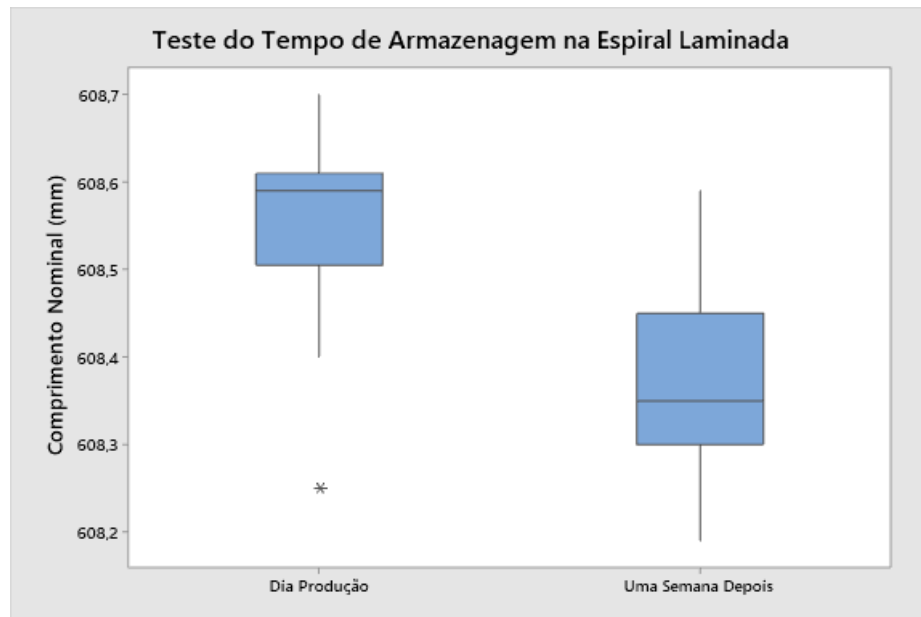
Teste

Hipótese nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$

Hipótese alternativa $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

| Método | Valor W | Valor-p |
|---------------------------|---------|---------|
| Não ajustado para empates | 353,00 | 0,000 |
| Ajustado para empates | 353,00 | 0,000 |

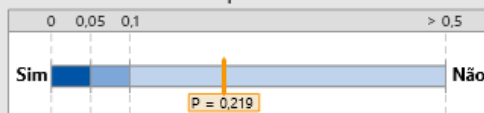




Teste de Hipóteses para o Tempo de Armazenagem da Espiral Laminada no Dia Produção e Uma Semana D

Relatório Resumo

Os desvios padrão diferem?

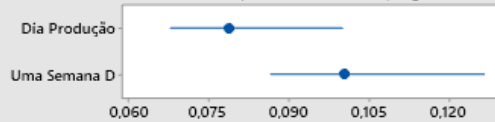


O desvio padrão de Dia Produção não é significativamente diferente de Uma Semana D ($p > 0,05$).

| Estadísticas | Dia Produção | Uma Semana D |
|----------------------|------------------|------------------|
| Tamanho amostral | 24 | 25 |
| Média | 608,56 | 608,37 |
| Desvio padrão | 0,078868 | 0,10040 |
| IC de 95% individual | (0,0616; 0,1100) | (0,0792; 0,1380) |

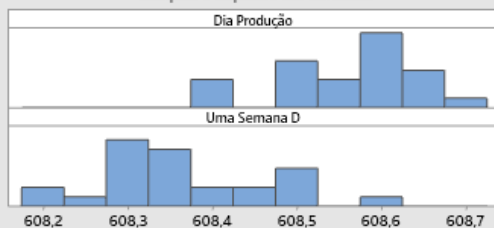
Carta de Comparação dos Desvios Padrão

O azul indica que não existe diferença significativa.



Distribuição de Dados

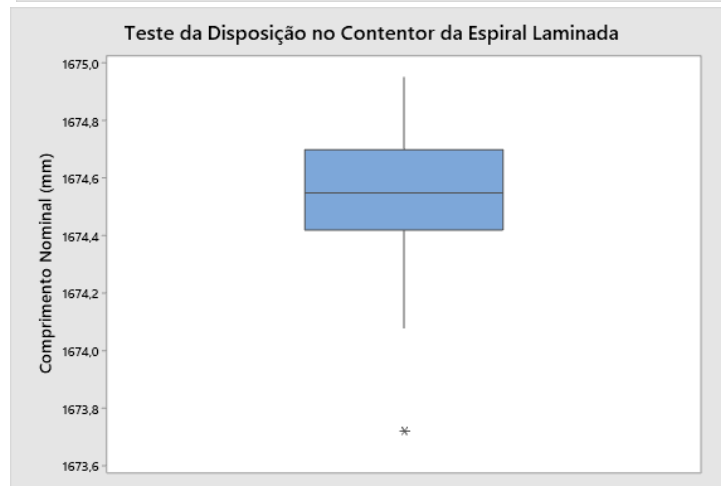
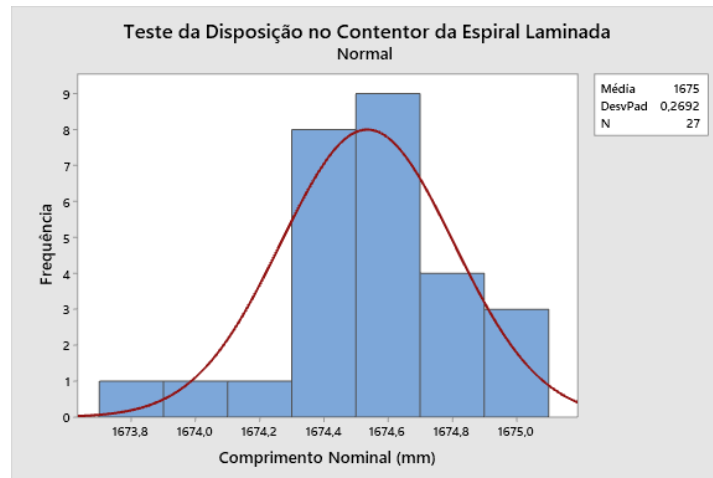
Compare a dispersão das amostras.



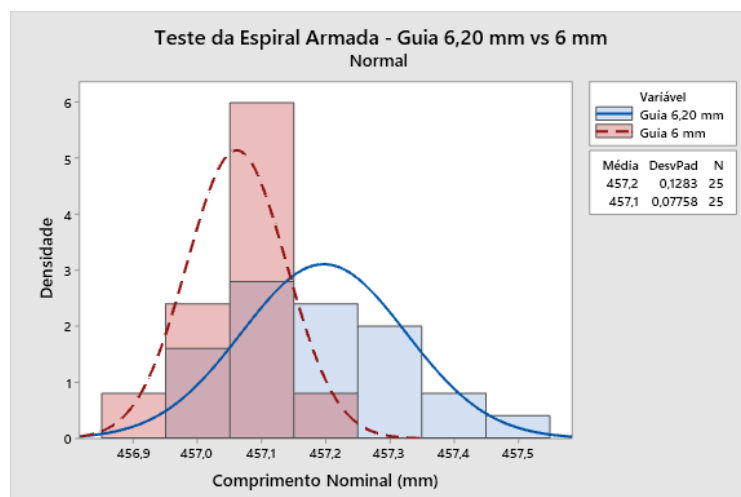
Comentários

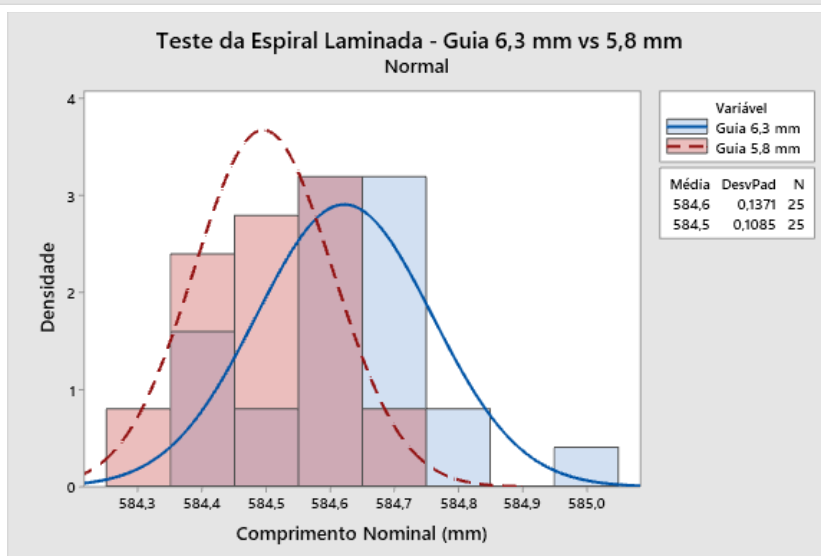
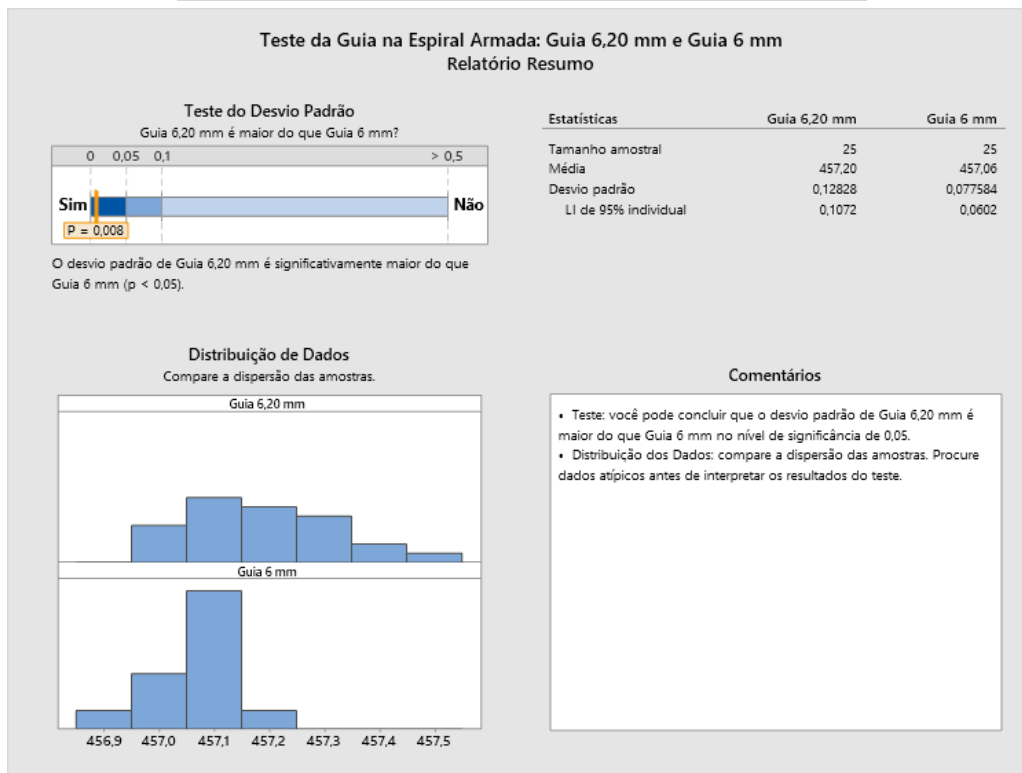
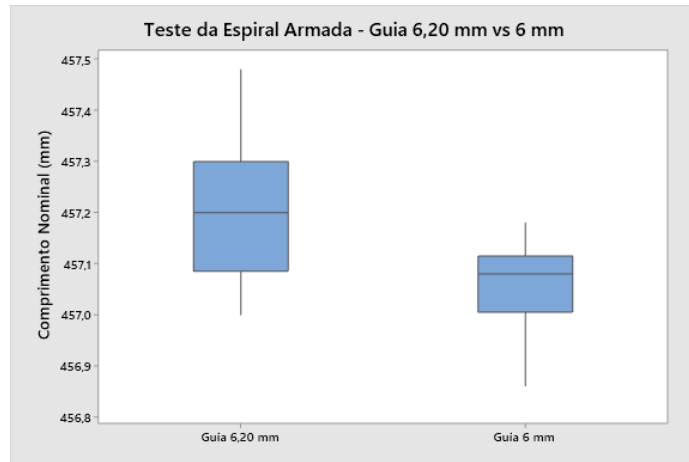
- Teste: não há evidências suficientes para concluir que os desvios padrão diferem no nível de significância de 0,05.
- Gráfico de comparação: os intervalos em azul indicam que os desvios padrão não diferem significativamente.
- Distribuição dos Dados: compare a dispersão das amostras. Procure dados atípicos antes de interpretar os resultados do teste.

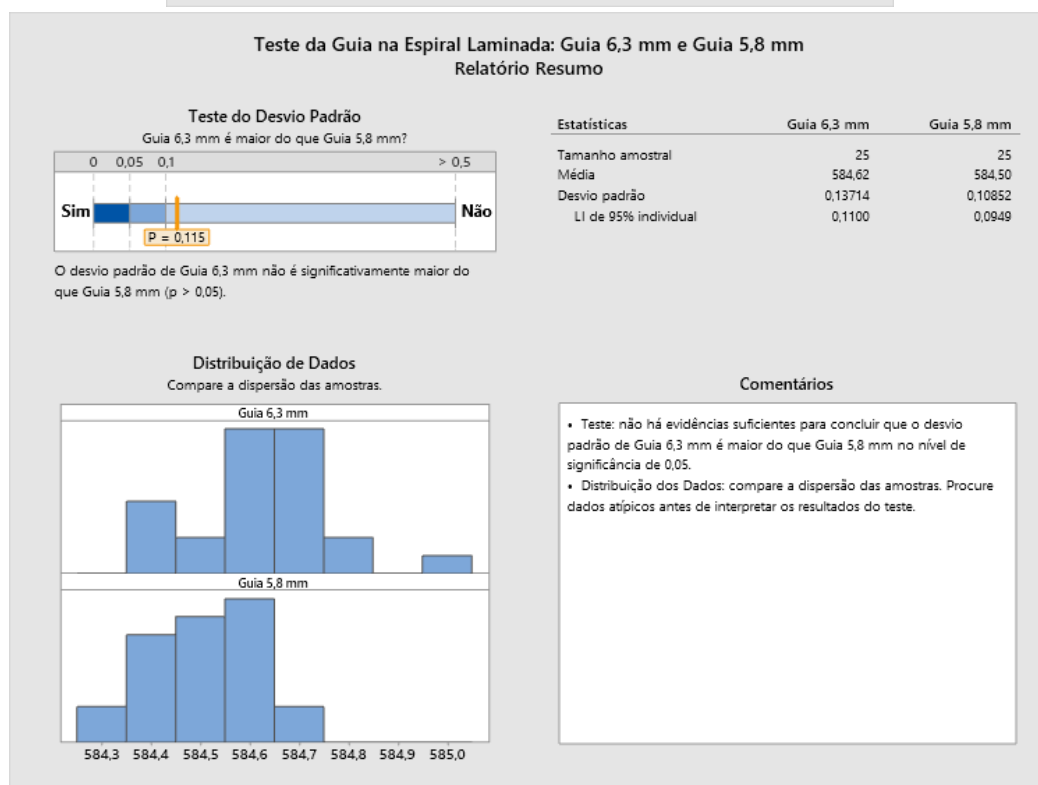
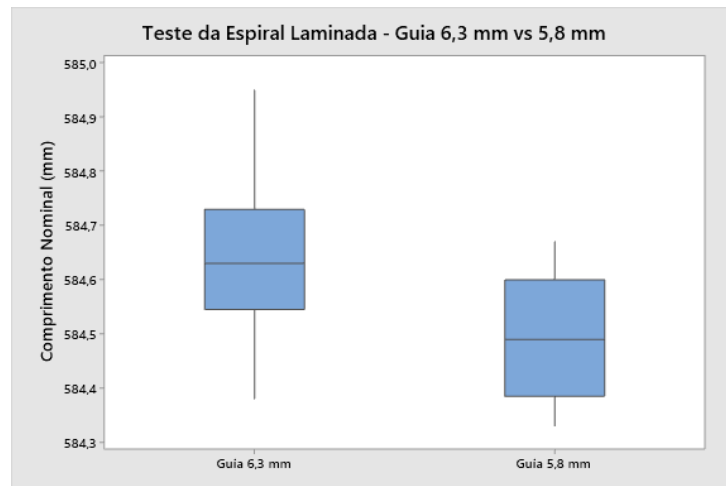
- **Disposição da espiral no contentor**



- **Dimensão e utilização incorreta das guias**





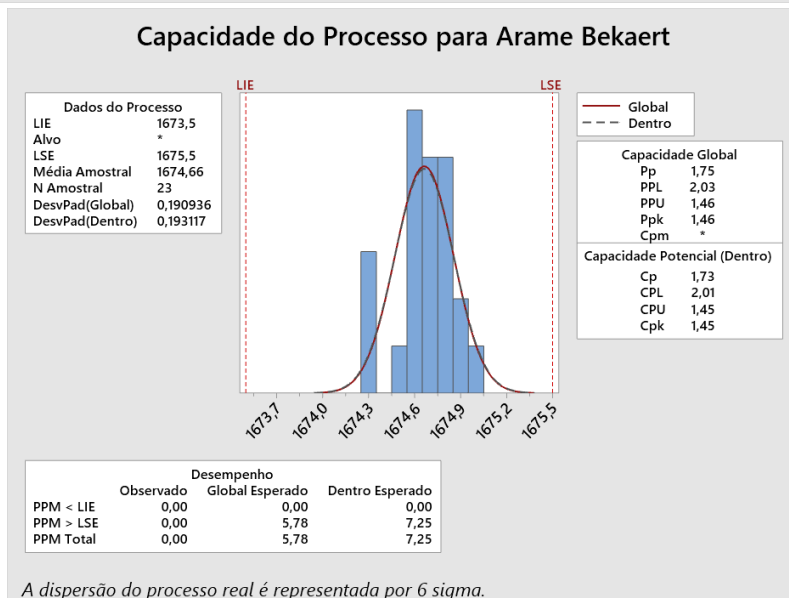
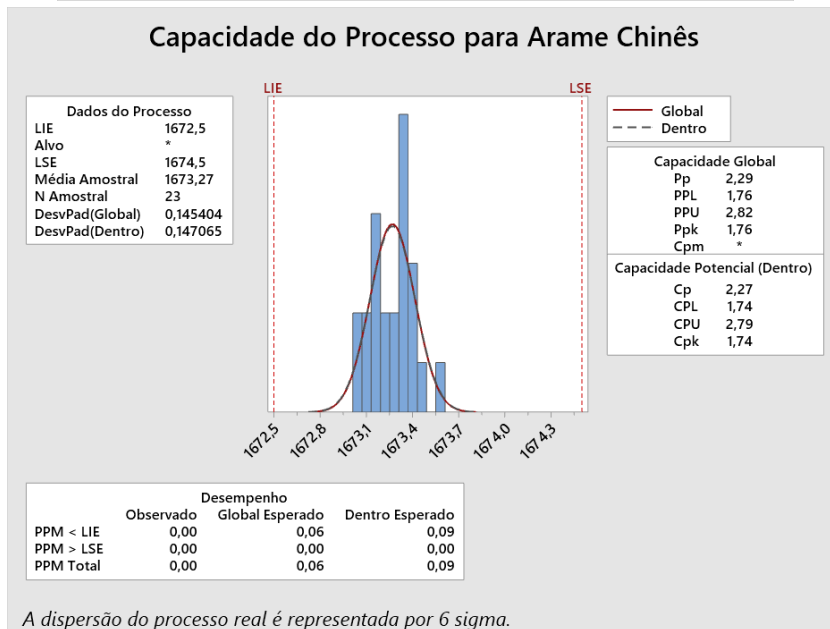
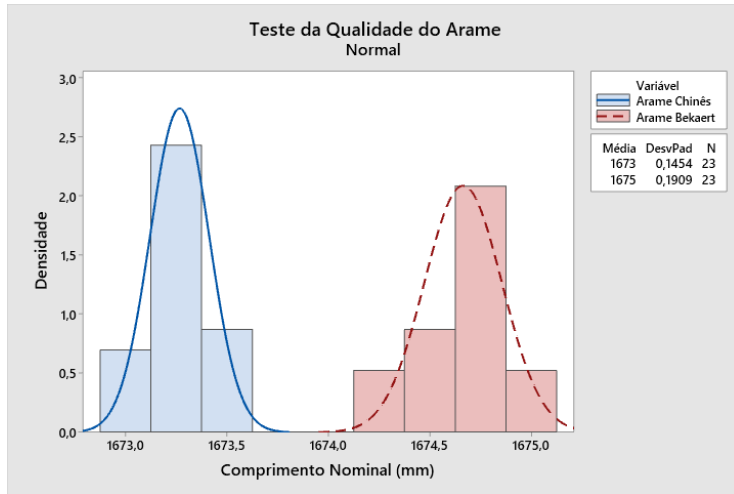


- **Incumprimento do FIFO**

| UAP | Máquina | Referência de Corte | Média 1ª Medição (mm) | Desvio Padrão 1ª Medição | Média 2ª Medição (mm) | Desvio Padrão 2ª Medição | Diferença |
|------|------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------|
| | MCDG000061 | 12636501B01 - 1ª Amostra | 334,38 | 0,1388 | 334,41 | 0,1388 | 0,03 |
| | | 12636501B01 - 2ª Amostra | 334,37 | 0,1082 | 334,41 | 0,1181 | 0,04 |
| UAP2 | MCDG000064 | 12635971A00 | 442,96 | 0,2766 | 442,93 | 0,2326 | 0,03 |
| | | 12635970A00 | 483,02 | 0,1388 | 483,05 | 0,1417 | 0,03 |
| | MCGT00001F | 12632894A00 | 1550,3 | 0,1129 | 1550,3 | 0,1512 | 0,00 |
| | | 12632896A00 | 1295,0 | 0,1613 | 1295 | 0,1906 | 0,00 |
| | | 12632963B01 | 602,24 | 0,1015 | 602,27 | 0,1059 | 0,03 |
| | MCDG000056 | 12631621A00 | 303,08 | 0,1217 | 303,08 | 0,1150 | 0,00 |
| | | 12632584C02 | 603,42 | 0,1456 | 603,47 | 0,1524 | 0,05 |

| | | | | | | | |
|--|-------------|--------------------------------|--------|--------|--------|---------|------|
| | | 12633626A01 | 459,63 | 0,1703 | 459,70 | 0,1638 | 0,07 |
| | | 12631623A00 | 178,28 | 0,1765 | 178,31 | 0,2174 | 0,03 |
| | | 12631592A00 | 551,35 | 0,1079 | 551,47 | 0,1413 | 0,12 |
| | MCDG000057 | 12636028A00 | 459,87 | 0,1330 | 459,96 | 0,0946 | 0,09 |
| | | 12636033B01 | 273,30 | 0,0798 | 273,40 | 0,07992 | 0,10 |
| | | 12631624B01 | 441,04 | 0,1044 | 440,96 | 0,1044 | 0,08 |
| | MCGT00004F | 12631622C02 | 295,11 | 0,1779 | 295,03 | 0,1697 | 0,08 |
| | | 12632898A00 | 1061,8 | 0,1115 | 1061,8 | 0,0995 | 0,00 |
| | | 12637164A00 | 447,66 | 0,1209 | 447,70 | 0,1067 | 0,04 |
| | MCDGT00002F | 12637166A00 | 171,27 | 0,2491 | 171,34 | 0,2309 | 0,07 |
| | | 12636511A00 | 662,05 | 0,0771 | 662,04 | 0,0901 | 0,01 |
| | MCDG000058 | 12636512A00 | 414,43 | 0,0825 | 414,50 | 0,0996 | 0,07 |
| | | 12633356A00 | 146,59 | 0,0640 | 146,64 | 0,0640 | 0,05 |
| | | 12635174A00 | 815,97 | 0,0919 | 816,21 | 0,1670 | 0,24 |
| | MCDG00005F | 12635548A00 | 413,30 | 0,2033 | 413,4 | 0,1942 | 0,10 |
| | | 12635525A00 | 330,34 | 0,1040 | 330,37 | 0,1063 | 0,03 |
| | | 11634131A00 | 1090,6 | 0,2656 | 1090,9 | 0,2437 | 0,30 |
| | MCDG00006F | 11635402A00 | 1227,0 | 0,3639 | 1227,6 | 0,4584 | 0,60 |
| | | 12637884B01 | 1236,9 | 0,1126 | 1237,5 | 0,0674 | 0,60 |
| | MCDG00008F | 12633755A00 | 246,32 | 0,0647 | 246,31 | 0,0997 | 0,01 |
| | | 129215010C02 | 579,96 | 0,0878 | 580,10 | 0,0878 | 0,14 |
| | MCDE00005F | 129215008B01 | 410,38 | 0,1378 | 410,36 | 0,1580 | 0,02 |
| | | 12633647A00 | 417,66 | 0,2391 | 417,66 | 0,2000 | 0,00 |
| | MCDI000074 | 12633623A00 | 291,08 | 0,1335 | 291,05 | 0,1336 | 0,03 |
| | | 129215327A00 | 199,67 | 0,2187 | 199,78 | 0,1335 | 0,11 |
| | MCDG000062 | 12632518A00 | 275,33 | 0,1784 | 275,37 | 0,1676 | 0,04 |
| | | 12632488C02 | 1112,6 | 0,2125 | 1112,5 | 0,2436 | 0,10 |
| | | 12631517A00 | 374,56 | 0,1173 | 374,47 | 0,1090 | 0,09 |
| | MCDG000077 | 12632030B01 | 127,03 | 0,0840 | 126,98 | 0,0982 | 0,05 |
| | | 12631590B01 | 552,76 | 0,1415 | 552,75 | 0,1343 | 0,01 |
| | MCDG00009F | 12631594B01 | 311,64 | 0,1081 | 311,59 | 0,1021 | 0,05 |
| | | 1060817130001 - 1ªAmostra | 375,16 | 0,1641 | 375,24 | 0,1388 | 0,08 |
| | MCDG000063 | 1060817130001 - 2ªAmostra | 374,79 | 0,1457 | 374,80 | 0,1572 | 0,01 |
| | | 1260980130007C - 1ªAmostra | 1670,9 | 0,4674 | 1669,5 | 0,6731 | 1,40 |
| | MCDE00001F | 1260980130007C - 2ª Amostra | 1674,0 | 0,4858 | 1674,1 | 0,4902 | 0,10 |

- Qualidade do arame



| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| Bekaert Hlohovec Wire | | Tel: : 00421/33/73 63 111-2 | | | | | | | | | | |
| Mierová 2317 | | Fax: : 00421/33/74 22 742 | | | | | | | | | | |
| SK-920 28 Hlohovec | | | | | | | | | | | | |
| INSPECTION CERTIFICATE 3.1 | | | | | | | | | | | | |
| KEURINGSRAPPORT 3.1 | | | | | | | | | | | | |
| ABNAHMEPRUEFZEUGNIS 3.1 | | | | | | | | | | | | |
| CERTIFICAT DE RECEPTION 3.1 | | | | | | | | | | | | |
| EN 10204:2004 - 3.1 | | | | | | | | | | | | |
| | | FIOCABLES | | | | | | | | | | |
| | | Rua do Cavaco 115 | | | | | | | | | | |
| | | P-4470-268 VERMOIM MAIA | | | | | | | | | | |
| ORDER : SK43334 0020 () | 13.01.2021 | | | | | | | | | | | |
| CUST.REF : cont. for wk 5 | NET W. (KG) : 845.0 (845) | | | | | | | | | | | |
| CUST.MAT : 02050079A | UNITS (NO) : 2 (2) | | | | | | | | | | | |
| | TYPE: RM1570 | | | | | | | | | | | |
| SIZE (MM) : 1.2000 | 1570 N/mm2 TENSILE STRENGTH | | | | | | | | | | | |
| PRODUCT : ROPE WIRE - CASING | SPEC:EN10264-2B | | | | | | | | | | | |
| COATING : PHOSPHATED | SPEC. EN 10264-2 CLASS B | | | | | | | | | | | |
| CHEMICAL ANALYSIS : | | | | | | | | | | | | |
| HEAT | %C | %Mn | %P | %S | %Si | %Cu | %N | %Ni | %Cr | %Al | %Mo | |
| T49125 | 0,64 | 0,6400 | 0,0100 | 0,0120 | 0,2100 | 0,0700 | 0,0033 | 0,0200 | 0,0400 | 0,0010 | 0,0070 | |

JIANGSU FNC WIRE & CABLE CO.,LTD
ROOM 213,NO.260,FURONG ROAD,JIANGYIN,JIANGSU, CHINA
Tel: 86-510-81660706 Fax: 86-510-81660707

TEST CERTIFICATE
INSPECTION CERTIFICATE 3.1
EN10204-3.1

THIS IS TO CERTIFY THAT THE FOLLOWING PRODUCTS HAVE BEEN DULY INSPECTED
BY US AND FOUND CONFORMING TO THE SPECIFICATION.
DIN EN10264-2B

Purchaser : FICO CABLES LTD.
Price Term. : T/T 60 Days after the date of B/L

Commodity: STEEL WIRE
Item no.: 02050079A
Issuing no. : 18016520 Contract no. : 20HTFCP02-2

Quantity: 24pallets Diameter : 1.2mm
Surface : Phosphated

Total net weight: 19676.00kgs

Physical Properties: Phosphated
Standard: DIN and Drawing AR1201A5

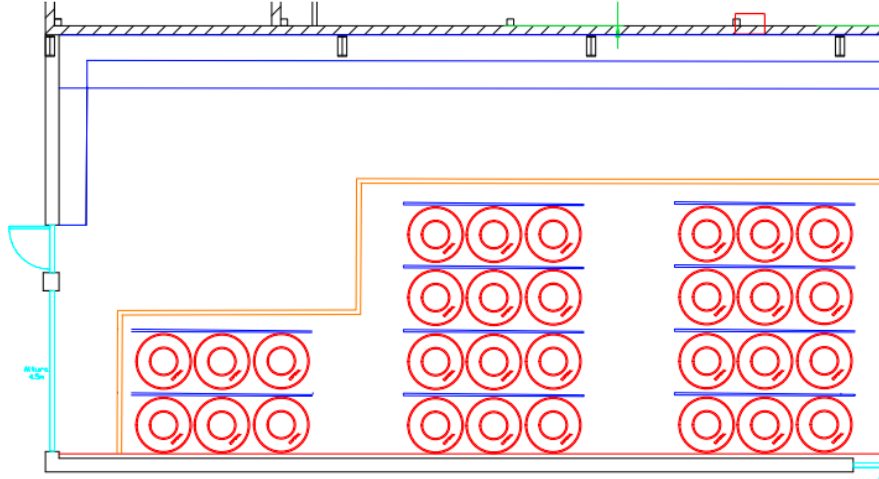
Wire Diameter: 1.2mm±0.02mm actual diameter: 1.190mm-1.210mm
Tensile Strength: 1570n/mm2-1860n actual Tensile Strength: 1722-1843n/mm²
Min. Breaking Load: 1716-2174N actual Breaking Load: 1950-2060N

Composition: Heat No: 620020274

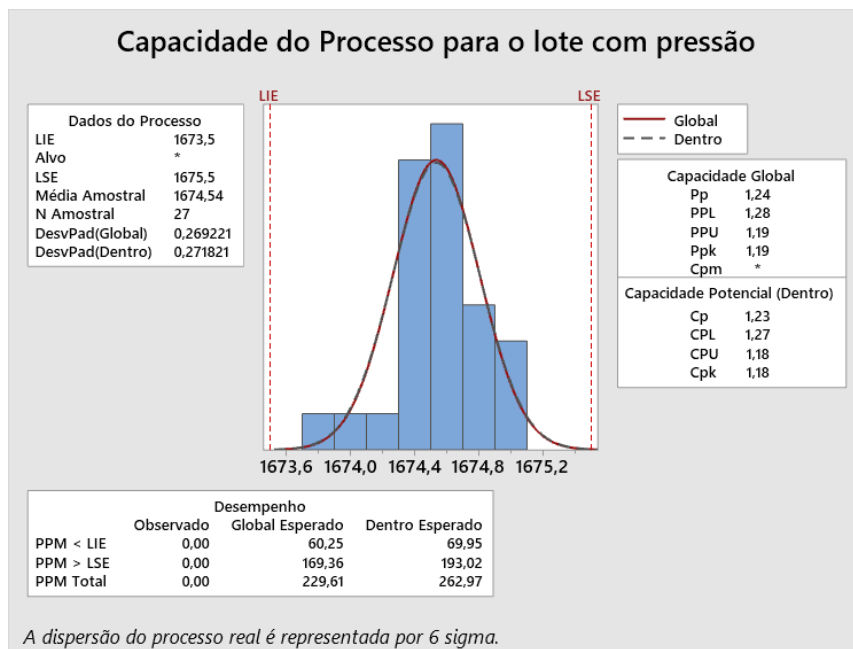
| Chemical | C% | Si% | Mn% | S% | P% |
|---------------|------|------|------|-------|------|
| 70#(SWRH 72A) | 0.72 | 0.22 | 0.52 | 0.002 | 0.01 |

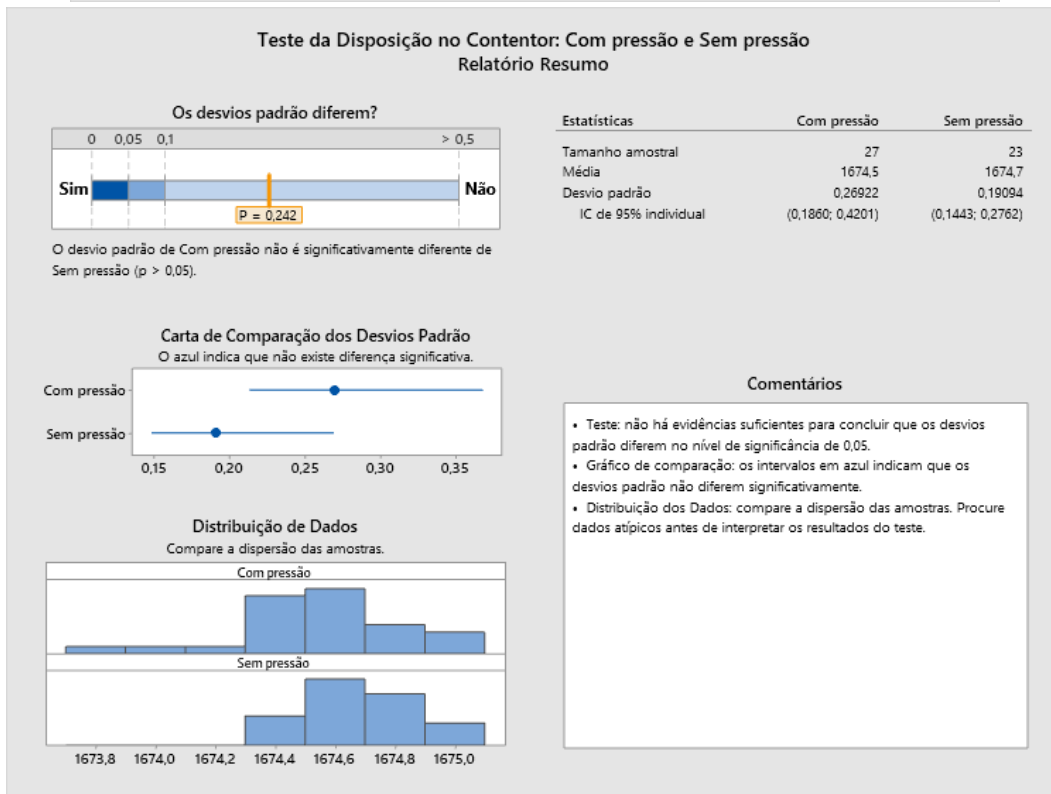
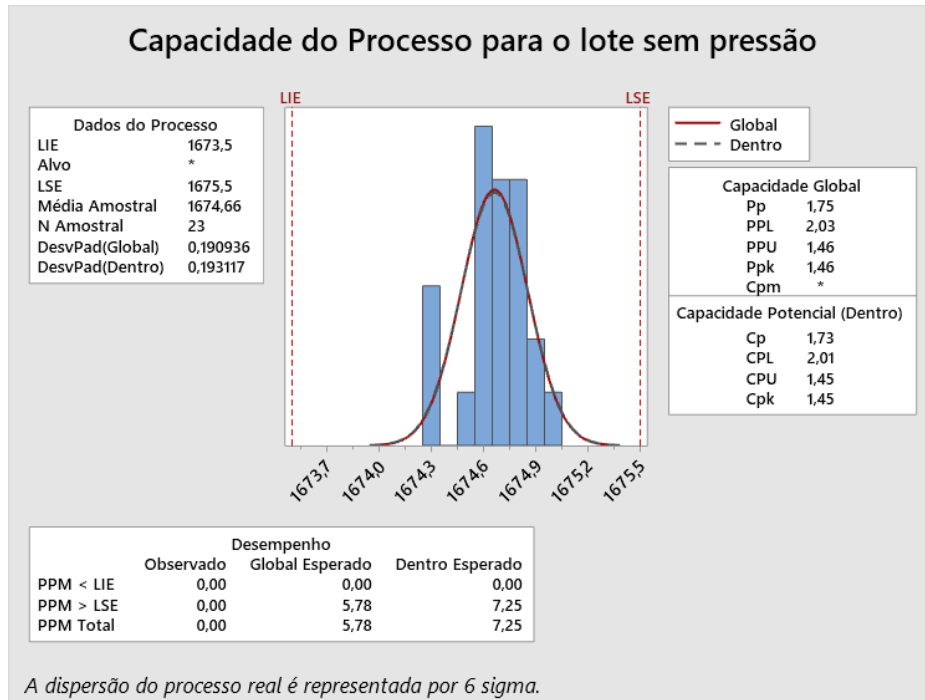
7.3 Anexo 3 – Ações e resultados das implementações de melhoria

- Tempo de armazenagem

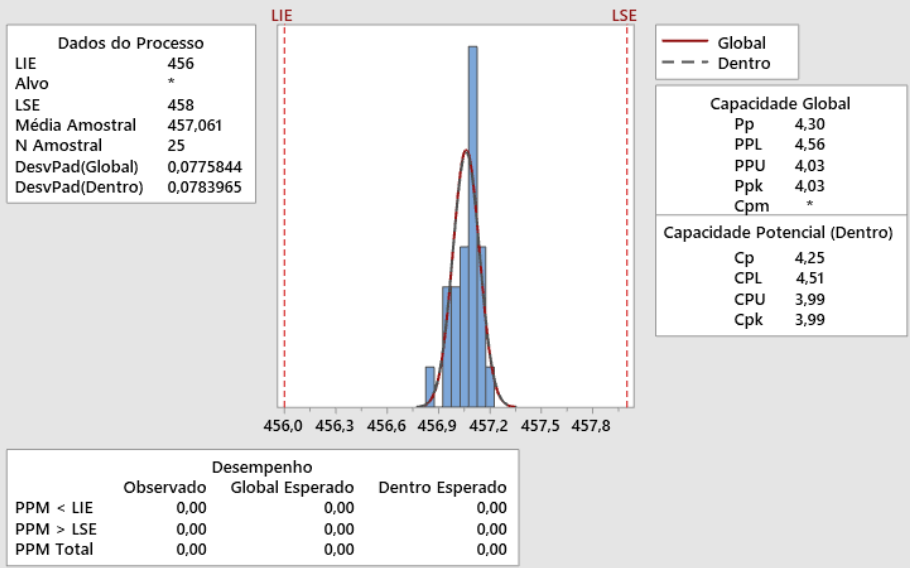


- Disposição da espiral no contendor



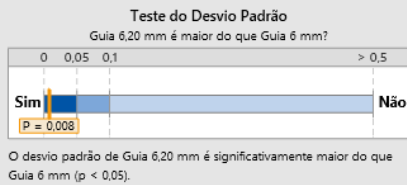


Capacidade do Processo Espiral Armada: Guia de 6 mm

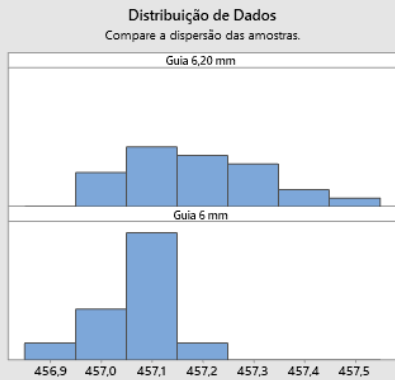


A dispersão do processo real é representada por 6 sigma.

Teste da Guia na Espiral Armada: Guia 6,20 mm e Guia 6 mm Relatório Resumo



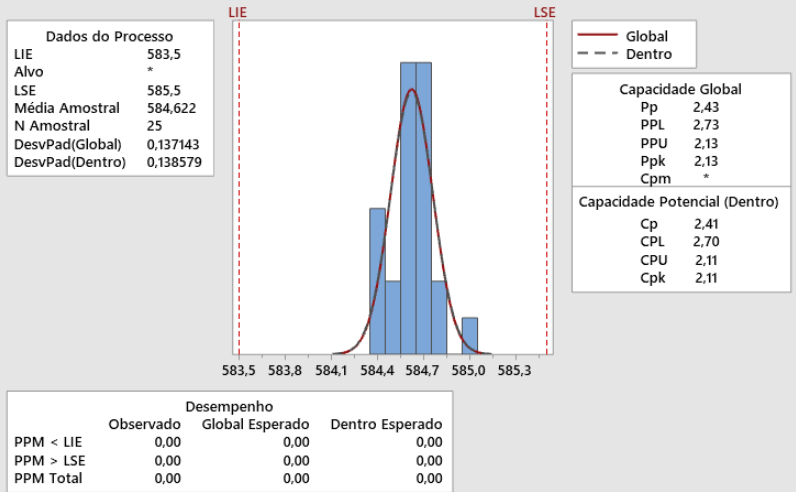
| Estadísticas | Guia 6,20 mm | Guia 6 mm |
|----------------------|--------------|-----------|
| Tamanho amostral | 25 | 25 |
| Média | 457,20 | 457,06 |
| Desvio padrão | 0,12828 | 0,077584 |
| LI de 95% individual | 0,1072 | 0,0602 |



Comentários

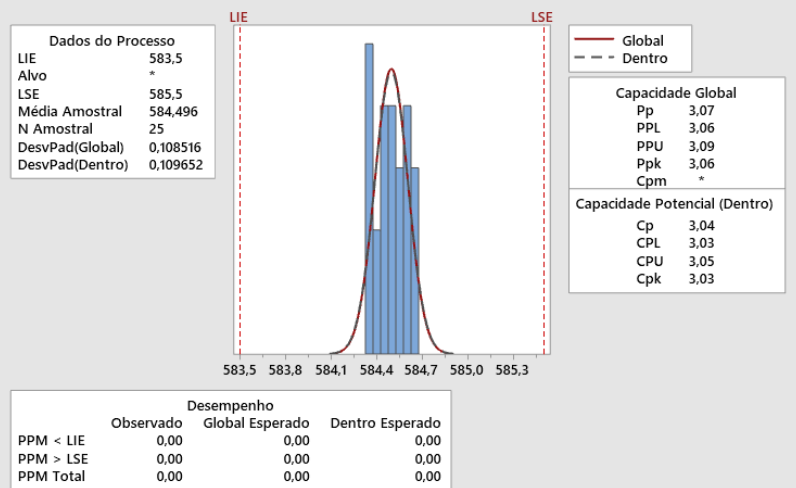
- Teste: você pode concluir que o desvio padrão de Guia 6,20 mm é maior do que Guia 6 mm no nível de significância de 0.05.
- Distribuição dos Dados: compare a dispersão das amostras. Procure dados atípicos antes de interpretar os resultados do teste.

Capacidade do Processo Espiral Laminada: Guia 6,3 mm

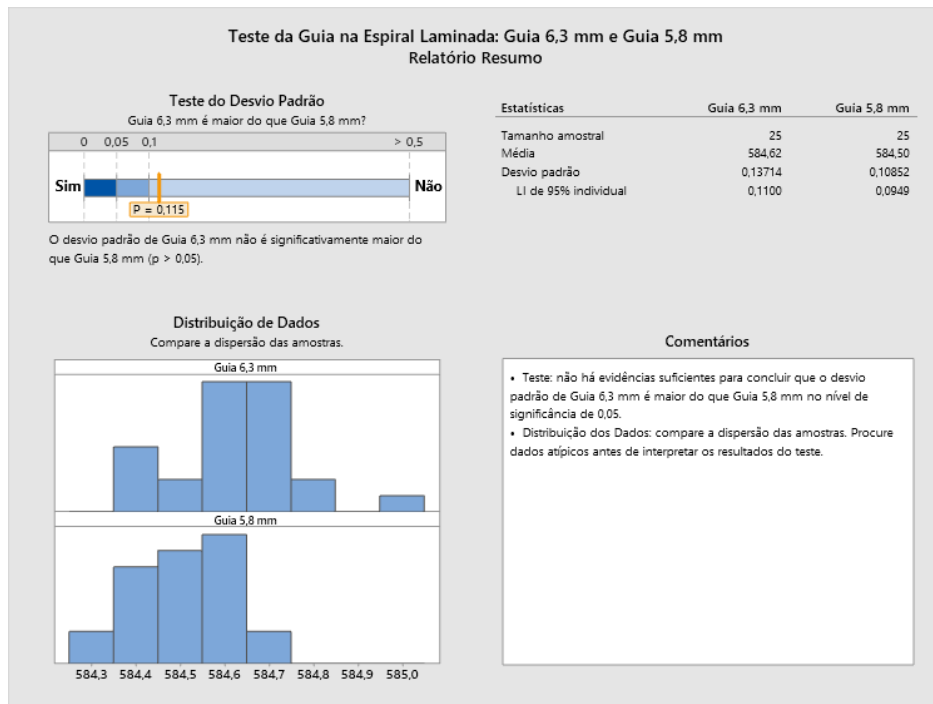


A dispersão do processo real é representada por 6 sigma.

Capacidade do Processo Espiral Laminada: Guia 5,8 mm



A dispersão do processo real é representada por 6 sigma.




| | | |
|---|------------------------------|--|
| | INSTRUÇÃO INTERNA | Código : I-CI-CA/MA-03 Edição : 1 Data : 13/5/2021 Página: 1 de 5 |
| Afinação das guias em função do diâmetro da Espiral | | |

REGISTO DE REVISÕES

| Edição | Data | Descrição da Alteração | Iniciais |
|--------|-----------|------------------------|----------|
| 1 | 13/5/2021 | 1ª Edição | DMP |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |

ÍNDICE

| | | |
|-----|----------------------------------|---|
| I | INTRODUÇÃO | 2 |
| II | ÂMBITO | 2 |
| III | DOCUMENTOS RELACIONADOS | 2 |
| IV | INSTRUÇÃO | 2 |
| 1. | Aplicação do FIFO | 2 |
| 2. | Posicionamento da Etiqueta | 2 |
| 3. | Responsabilidades | 3 |
| V | ANEXOS | 3 |
| VI | FORMATOS RELACIONADOS..... | 3 |

| | | |
|---|------------------------------|------------------------|
|  | INSTRUÇÃO INTERNA | Código : I-CI-CA/MA-03 |
| | | Edição : 1 |
| | | Data : 13/5/2021 |
| | | Página: 2 de 5 |
| Afinação das guias em função do diâmetro da Espiral | | |

I INTRODUÇÃO

O objetivo desta instrução é definir afinação das guias em função do diâmetro que são utilizadas nas máquinas de corte de espiral.

II ÂMBITO

Esta instrução aplica-se as guias que são utilizadas para o guiamento da espiral, durante a alimentação até ao batente de corte, nas máquinas de corte de espiral.

III DOCUMENTOS RELACIONADOS

Não aplicável.

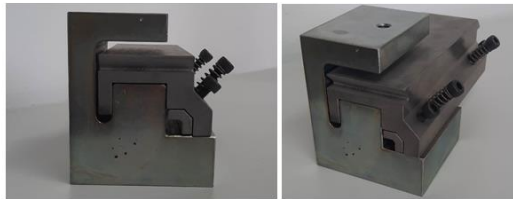
IV INSTRUÇÃO

1. Instrução de utilização da guia


- 1.1. Colocar o suporte da guia numa superfície plana.



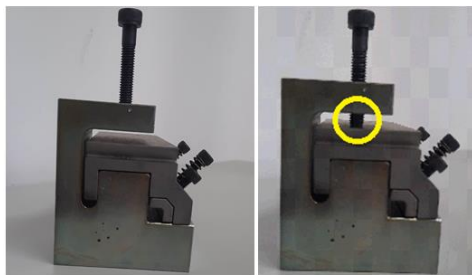
- 1.2. Colocar a guia que pretende utilizar no suporte, tal como é exemplificado na figura abaixo.



I-CI-CA/MA-03

| | | |
|---|------------------------------|------------------------|
|  | INSTRUÇÃO INTERNA | Código : I-CI-CA/MA-03 |
| | | Edição : 1 |
| | | Data : 13/5/2021 |
| | | Página: 3 de 5 |
| Afinação das guias em função do diâmetro da Espiral | | |

- 1.3. Colocar um parafuso M6 na parte superior do suporte e apertar até bater na parte superior da guia, para fixa-la.



- 1.4. Colocar o calibre, tal como demonstra a figura abaixo. Deve colocar o calibre tendo em atenção, ao que se encontra especificado para cada diâmetro de espiral.



| Diâmetro do Calibre (mm) | Diâmetro da Espiral (mm) |
|--------------------------|--------------------------|
| 5,8 | 5,5 |
| 5,3 | 5 |
| 10,5 | 10,3 |
| 6,2 | 6 |
| 4,3 | 4,1 |
| 5 | 4,8 |

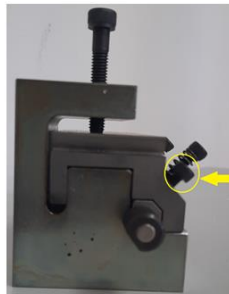
A "Dimensão do Calibre (mm)" é a soma do diâmetro da espiral mais uma folga que têm de existir para a espiral conseguir circular. O objetivo destas guias é reduzir a folga, por forma, a reduzir a variação do comprimento da espiral.



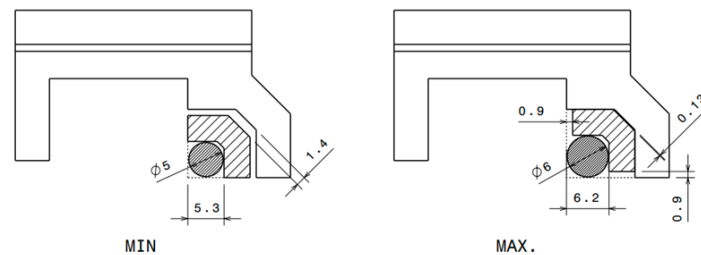
I-CI-CA/MA-03

| | | |
|---|------------------------------|-----------------------|
| | INSTRUÇÃO INTERNA | Código: I-CI-CA/MA-03 |
| | | Edição: 1 |
| | | Data: 13/5/2021 |
| | | Página: 4 de 4 |
| Afinação das guias em função do diâmetro da Espiral | | |

- 1.5. Afinar o parafuso ajustável com uma chave umbrako M4.



Entre a guia e o batente da guia têm de existir uma ligeira folga. Na figura abaixo, verifica-se o valor da folga para uma espiral de diâmetro de 5 e 6 mm.



- 1.6. Após afinação da guia, retirar o parafuso M6 do suporte;
1.7. Retirar a guia do suporte.

2. Responsabilidades

É da responsabilidade dos operadores que se encontram nas máquinas de corte de espiral, ajustar a guia.











V ANEXOS

Não Aplicável ...

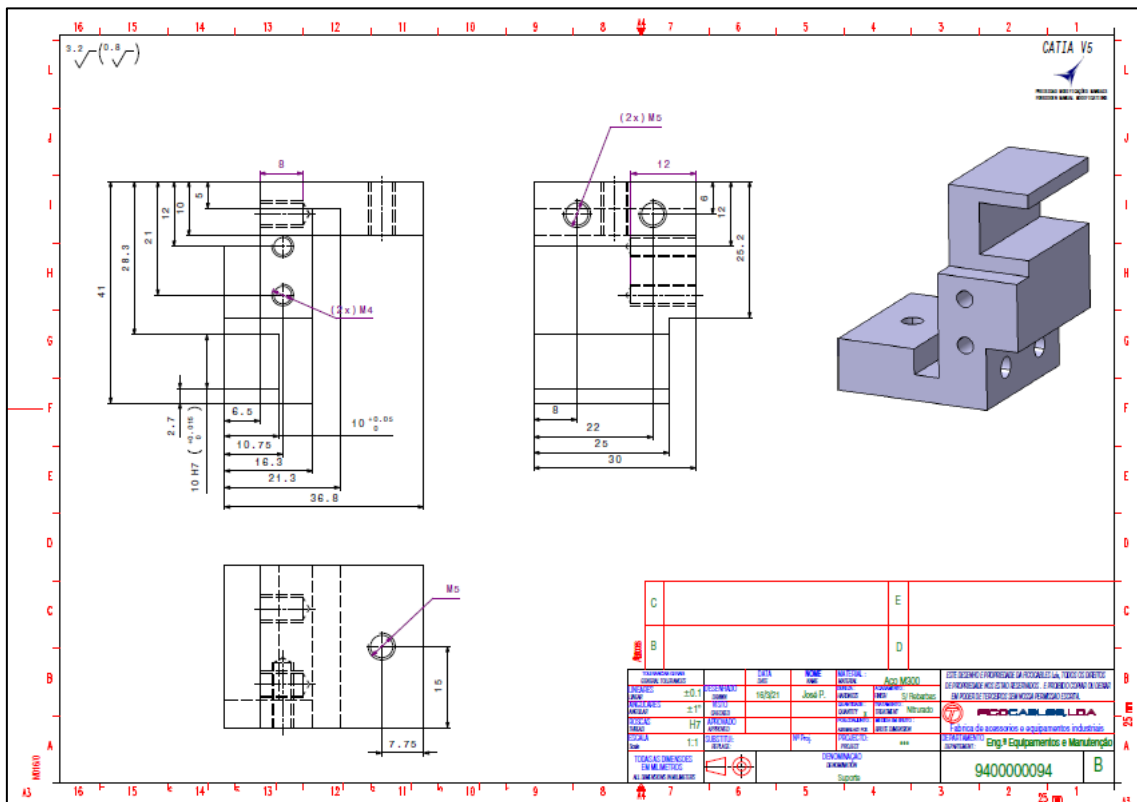
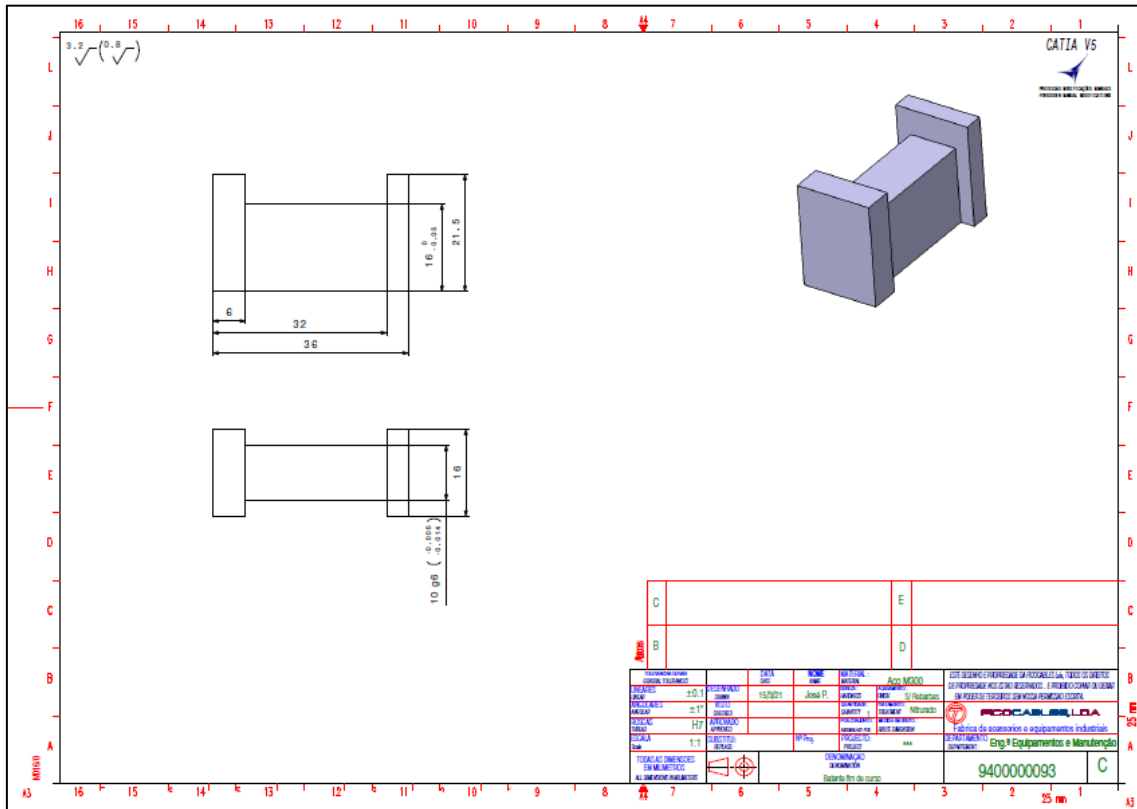
VI FORMATOS RELACIONADOS

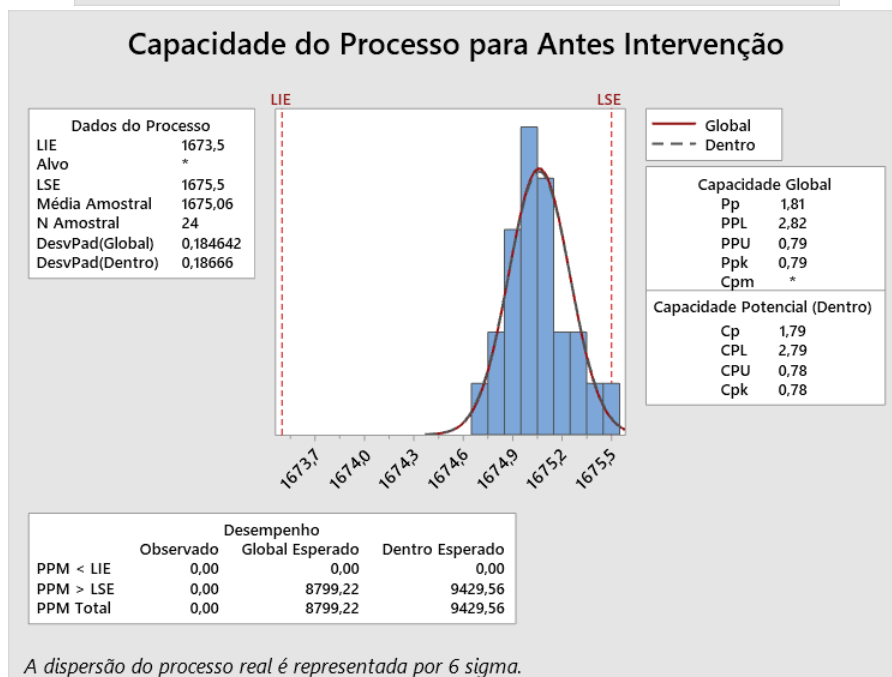
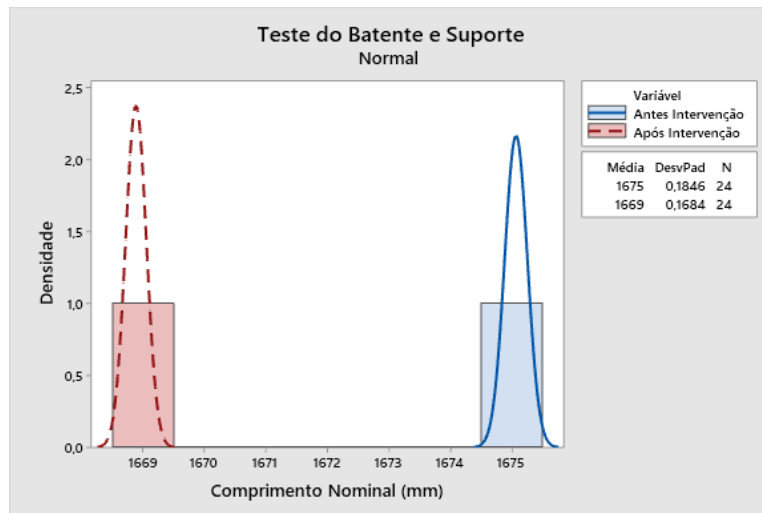
Não Aplicável ...

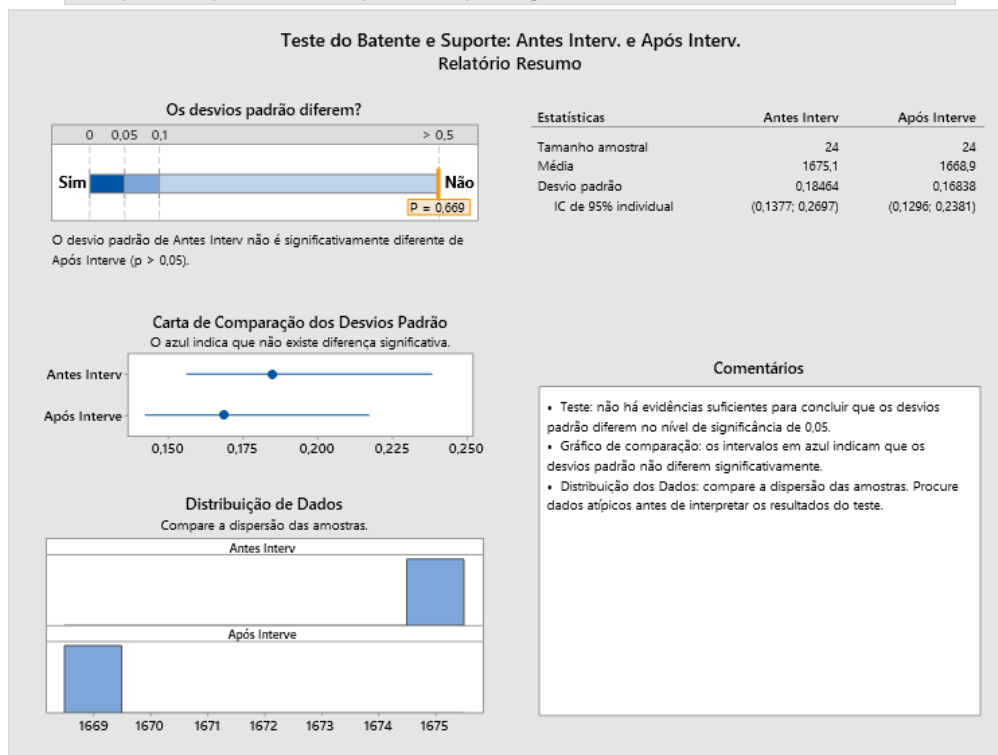
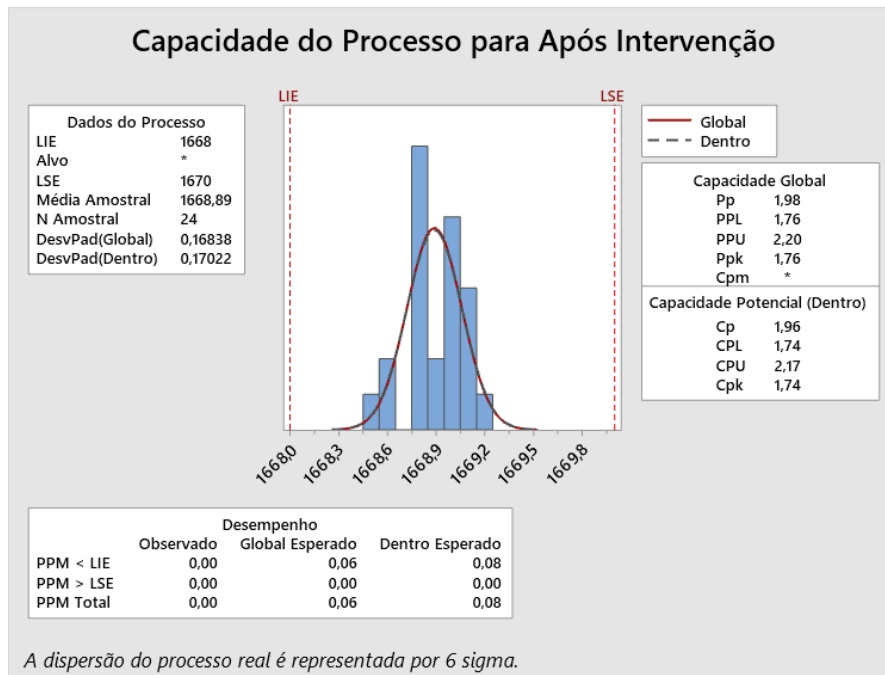
I-CI-CA/MA-03

|  | | Corte Espiral SETUP - MCGT0002F | | | XXXX-SPP Page 1/1 Edited by: Liliana Pinheiro Data: 13-05-2021 Rev.3 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|--|---|--------------------------|---|-----|-----|-----|---|------|------|-----|---|-----|-----|---|-----|--|----|
|  | 1 | Porta paletes | Recolher contentor de espiral com referência correcta que vai ser cortada | 120 | 0 | | | | | | | | | | | | | | |
|  | 2 | Porta paletes | Posicionar contentor de espiral com a referência correcta do corte de espiral que se vai produzir. | | 30 | | | | | | | | | | | | | | |
|  | 3 | Manualmente | Fazer passar a espiral no endireitador; verificar que não existem prisões/espiral danificada, durante o "uxo da espiral" e se necessário, rectificar ajuste entre roletes | | 60 | | | | | | | | | | | | | | |
|  | 4 | Chave sextavada de 4mm | Posicionar balente de corte na medida pretendida (Aproximado) | | 30 | | | | | | | | | | | | | | |
|  | 5 | Chave umbrako M4 | <p>Ajustar as guias tendo em conta o diâmetro da espiral que vai ser cortado, como é indicado na instrução I-CI-CA/MA-03.</p> <p>Nota: Deve ajustar a guia tal como é indicado na tabela abaixo.</p> <table border="1" data-bbox="983 931 1134 1055"> <thead> <tr> <th>Diâmetro do Calibre (mm)</th> <th>Diâmetro da Espiral (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5,8</td> <td>5,5</td> </tr> <tr> <td>5,3</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>10,5</td> <td>10,3</td> </tr> <tr> <td>6,2</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>4,3</td> <td>4,1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>4,8</td> </tr> </tbody> </table> | Diâmetro do Calibre (mm) | Diâmetro da Espiral (mm) | 5,8 | 5,5 | 5,3 | 5 | 10,5 | 10,3 | 6,2 | 6 | 4,3 | 4,1 | 5 | 4,8 | | 60 |
| Diâmetro do Calibre (mm) | Diâmetro da Espiral (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5,8 | 5,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5,3 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,5 | 10,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,2 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4,3 | 4,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 4,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | 6 | | Fazer um primeiro corte para fazer acerto de ponta da espiral | | 5 | | | | | | | | | | | | | | |
|  | 7 | Chave sextavada de 5mm | Fazer afinação dos rolos de arrasto no regulador de pressão. | | 15 | | | | | | | | | | | | | | |
|  | 8 | Régua Digital | <p>Medir na régua digital que se encontra no sector de corte de Abrasivo, posicionar corretamente a espiral.</p> <p>Nota importante sempre que se faça uma afinação deve-se parar a Máquina de Corte.</p> | 10 | 15 | | | | | | | | | | | | | | |
|  | 9 | Manualmente | Dar início à produção no Botão que está assinalado. | | 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| Tempo Total (segundos): | | | | 130 | 187 | | | | | | | | | | | | | | |
| Aprovação | | | | Assinatura: | | | | | | | | | | | | | | | |

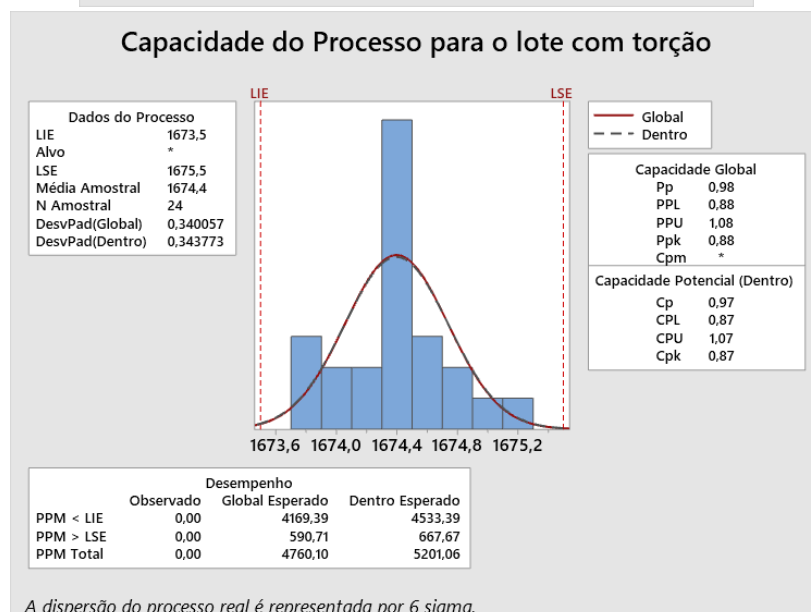
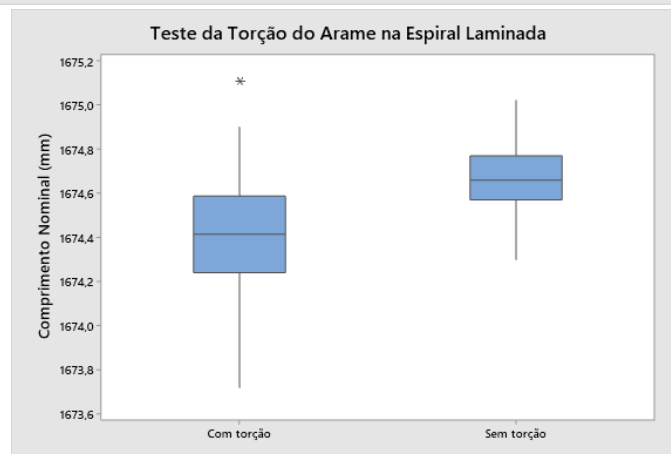
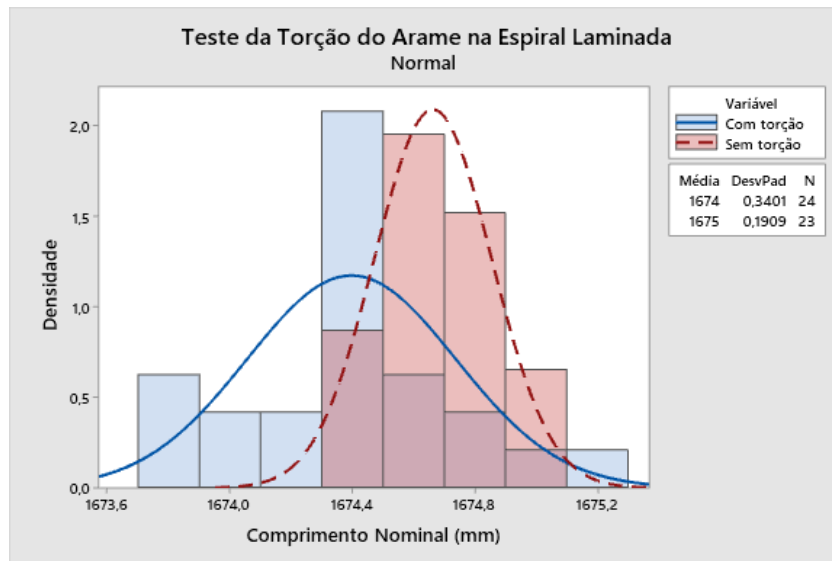
- Ferramentas com desgaste e folga

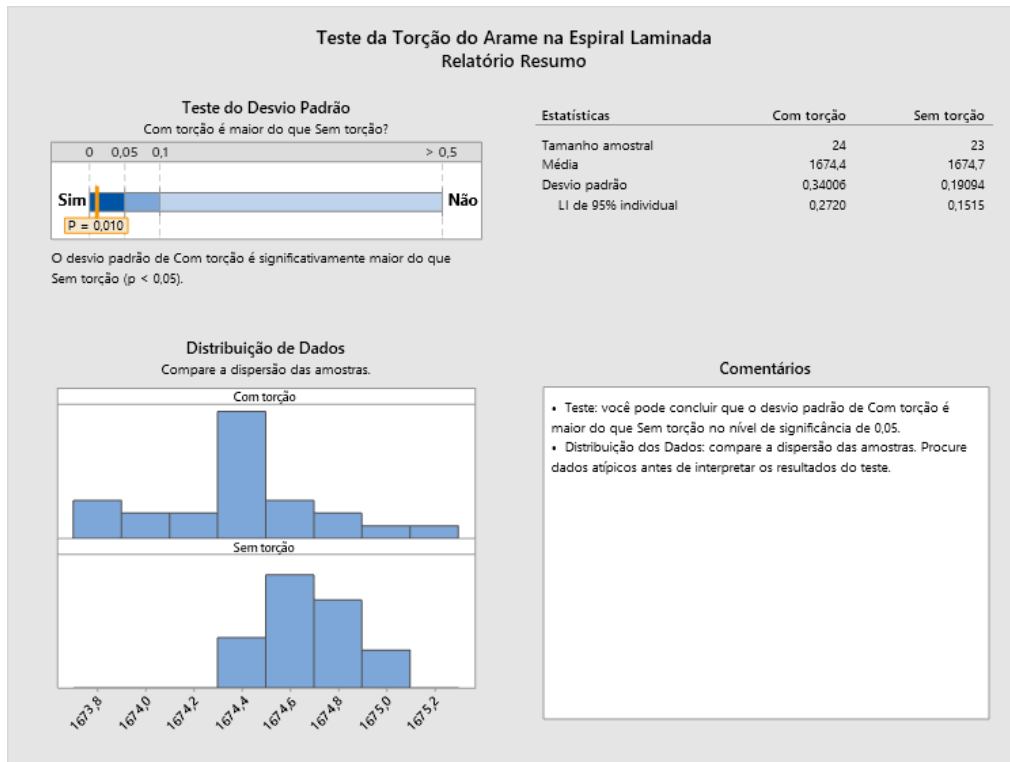
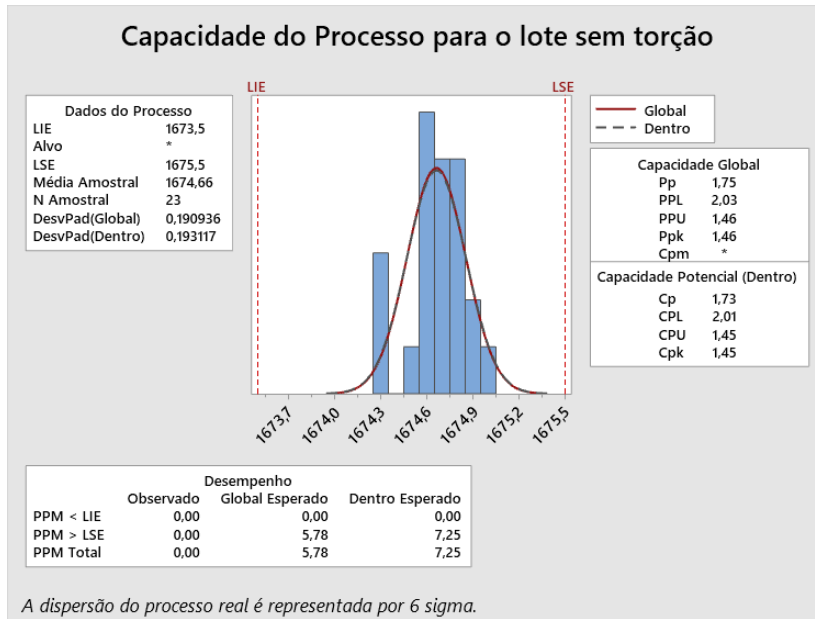






- **Torção no arame**





- Incumprimento do FIFO

| | | |
|---|------------------------------|--|
|  | INSTRUÇÃO INTERNA | Código : I-LP-CA/MA-01 |
| | | Edição : 1 Data : 11/5/2021 Página: 1 de 3 |
| Aplicação do FIFO nos racks de armazenamento de cortes de espiral | | |

REGISTO DE REVISÕES

| Edição | Data | Descrição da Alteração | Iniciais |
|--------|-----------|------------------------|----------|
| 1 | 11/5/2021 | 1ª Edição | DMP |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |

ÍNDICE

| | | |
|-----|-------------------------------------|---|
| I | INTRODUÇÃO | 2 |
| II | ÂMBITO | 2 |
| III | DOCUMENTOS RELACIONADOS | 2 |
| IV | INSTRUÇÃO | 2 |
| | 1. Aplicação do FIFO | 2 |
| | 2. Posicionamento da Etiqueta | 2 |
| | 3. Responsabilidades | 3 |
| V | ANEXOS | 3 |
| VI | FORMATOS RELACIONADOS | 3 |

I-LP-CA/MA-01

| | | |
|---|------------------------------|--|
|  | INSTRUÇÃO INTERNA | Código : I-LP-CA/MA-01 |
| | | Edição : 1 Data : 11/5/2021 Página: 2 de 3 |
| Aplicação do FIFO nos racks de armazenamento de cortes de espiral | | |

I INTRODUÇÃO

O objetivo desta instrução é definir as regras de colocação das etiquetas impressas nas máquinas de corte de espiral.

II ÂMBITO

Esta instrução aplica-se as caixas cinzas onde são colocadas as espirais cortadas das máquinas de corte de espiral.

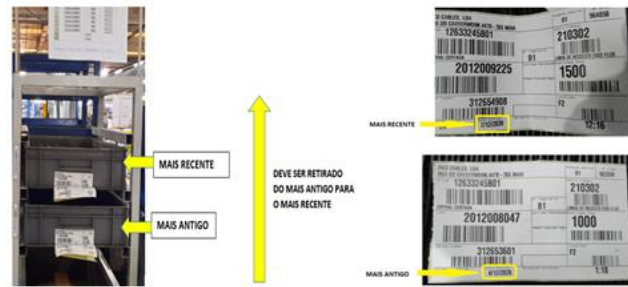
III DOCUMENTOS RELACIONADOS

Não aplicável.

IV INSTRUÇÃO

1. Aplicação do FIFO

O FIFO deve ser aplicado nas racks, sendo que a espiral mais antiga deve ser colocada em baixo e a mais recente em cima.



I-LP-CA/MA-01

| | | |
|---|------------------------------|------------------------|
|  | INSTRUÇÃO INTERNA | Código : I-LP-CA/MA-01 |
| | | Edição : 1 |
| | | Data : 11/5/2021 |
| | | Página: 3 de 3 |
| Aplicação do FIFO nos racks de armazenamento de cortes de espiral | | |

2. Posicionamento da Etiqueta

As etiquetas que são impressas na zona de corte de espiral, deve-se posicionar na caixa, tal como é demonstrado na figura abaixo. A etiqueta têm de estar colada na parte da frente da caixa, de modo, a que a data seja visível para a operadora. A operadora deve retirar a primeira caixa a sair que possui a data mais antiga.



3. Responsabilidades

É da responsabilidade dos abastecedores que abastece a linha de montagem nas racks com a espiral cortada, colocar a etiqueta como está demonstrada na figura anterior.

V ANEXOS

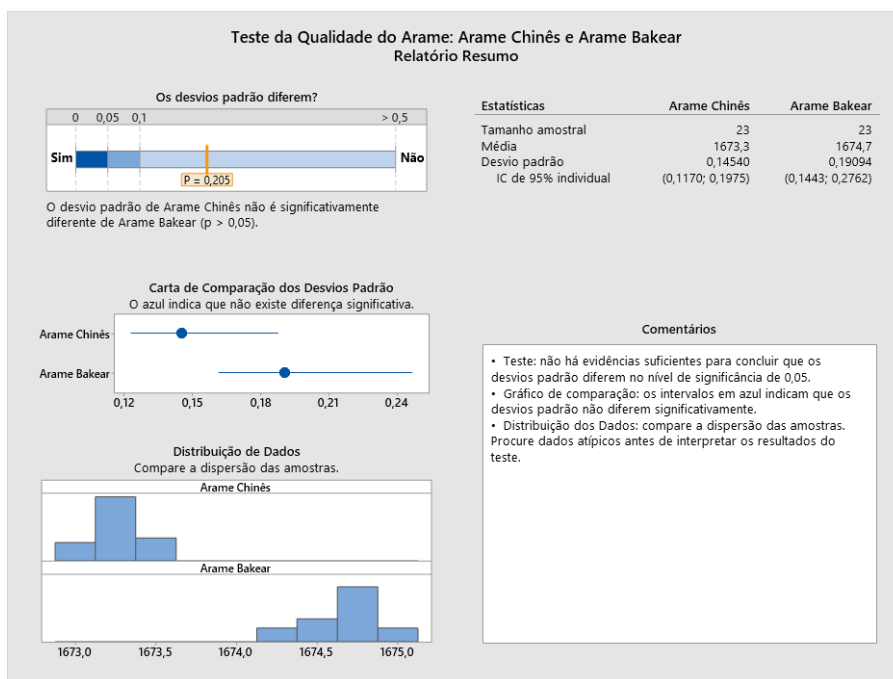
Não Aplicável ...

VI FORMATOS RELACIONADOS

Não Aplicável ...

I-LP-CA/MA-01

- **Qualidade do arame**



- **Máquinas em más condições**

| Dados | |
|----------------------------------|---|
| Nº de dias de trabalho | 5 |
| Nº de turnos | 3 |
| Nº de horas de trabalho p/ turno | 8 |

| Semana | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Nº de horas que necessitam de trabalhar | 289,8 | 274,3 | 232,3 | 164,5 | 359,2 | 316,6 | 396,2 | 269,7 | 330,5 |
| Nº de horas que as máquinas trabalham | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| Nº de equipamentos necessários | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 |

| Semana | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Nº de Equipamentos | 8 | | | | | | | | |
| OEE | 85% | | | | | | | | |
| Taxa de Ocupação | 36% | 34% | 28% | 20% | 44% | 39% | 49% | 33% | 41% |
| Nº de Equipamentos | 7 | | | | | | | | |
| OEE | 85% | | | | | | | | |
| Taxa de Ocupação | 41% | 38% | 33% | 23% | 50% | 44% | 55% | 38% | 46% |

- **Acumulação de resíduos na tina**

7.4 Anexo 4 - Auditorias 5S

7.4.1 Menu para a análise das Auditorias 5S

Menu para análise das Auditorias 5S

Resultados Gerais | TOP Geral | Análise Semanal

Produção | Gabinetes e Laboratórios | Armazéns e Oficinas | TOP Áreas Produtivas | TOP Gabinetes e Laboratórios | TOP Armazéns e Oficinas

UAP1

- P63_Planetária
- P64_Espiral Braided
- P77_Duplo Perfil
- P78_Extrusão
- P79_Revestimento
- P82_Fabrico Espiral
- P83_Fabrico Espiral
- P92_Laminador

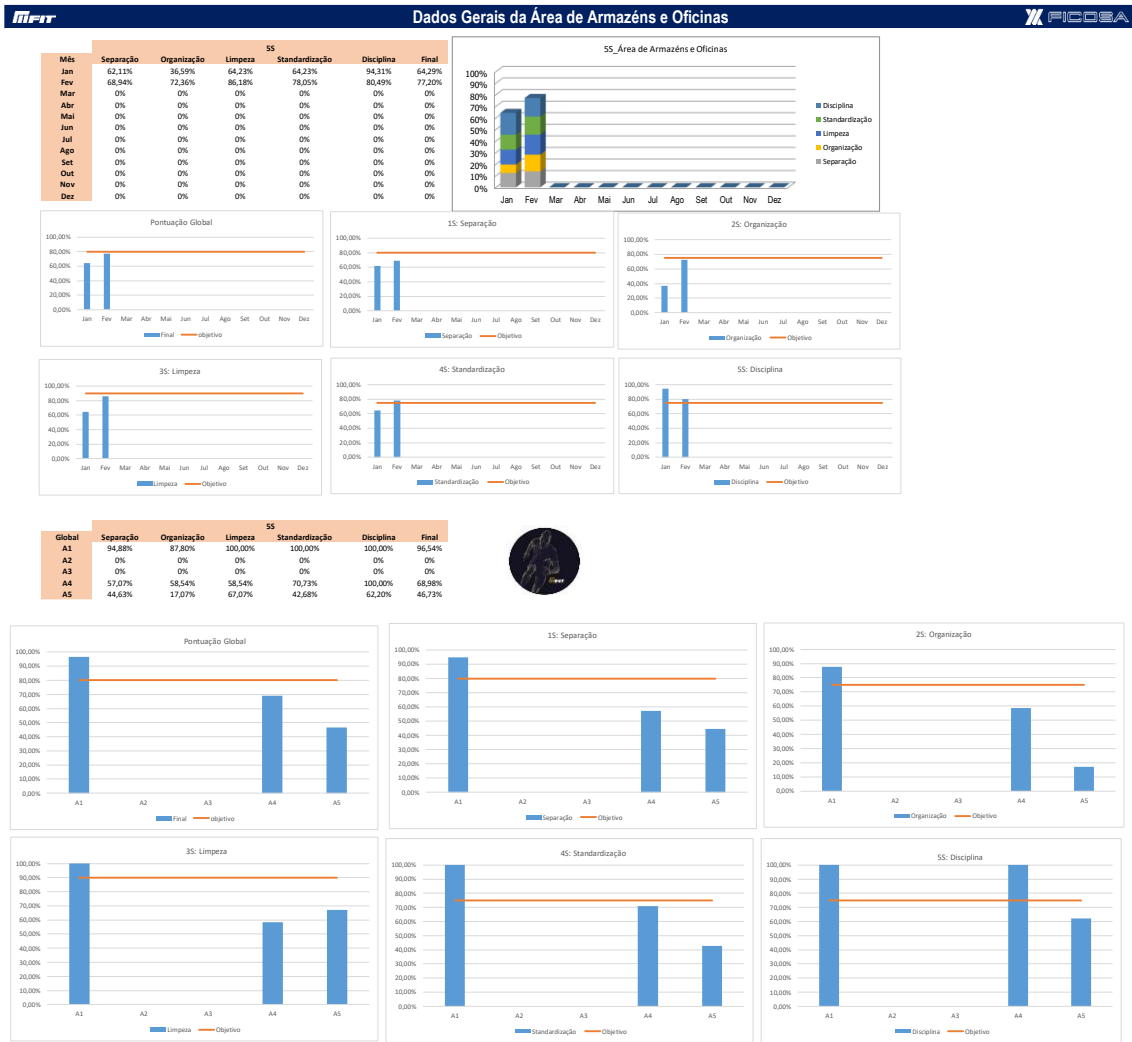
UAP2

- P1_GM AUTO V
- P2_GM MANUAL III
- P3_Transit Exteriores
- P4_Transit Auxiliares
- P5_GL 3I + Babyplast + Inj Zamak + Escareador
- P6_GL3 II
- P7_jeep Exteriores
- P8_B562 Exteriores
- P9_C519 Interiores + Subconjuntos
- P10_C519 Exteriores + Subconjuntos
- P11_PSA Capot
- P12_JLR
- P65_Corte Cabo UAP2
- P68_Corte Espiral UAP2
- P72_Subconjuntos SEAT
- P73_Subconjuntos Transit/B562
- P74_Subconjuntos L405
- P75_Subconjuntos Jeep
- P76_Subconjunto GM Manual
- P84_Injeção Plástico UAP2
- P87_Corte Tubo UAP2
- P93_Inj. Zamak Manual UAP2
- P96_Inj. Zamak Robocop UAP2
- P98_Ficotraid

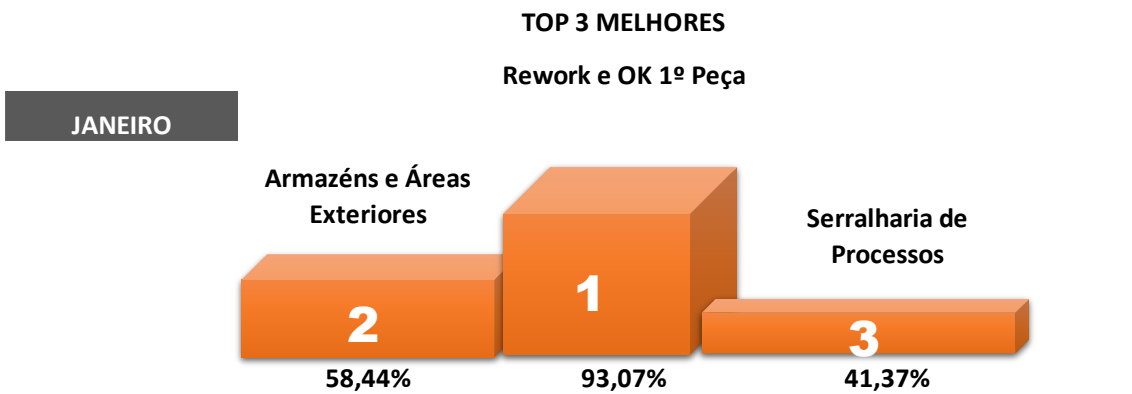
7.4.2 Exemplo de análise de forma geral às UAP's



7.4.3 Exemplo de análise de resultados para cada área



7.4.4 Pódio para a zona de Armazéns e Oficinas



7.5 Anexo 5 – Inquérito de Satisfação da Ferramenta 5S



Inquérito de Satisfação da ferramenta 5S

Âmbito: Pretende-se conhecer a opinião dos responsáveis relacionados diretamente com a produção sobre a ferramenta em Excel desenvolvida para análise dos resultados das Auditorias 5S, de modo, a clarificar o contributo desta ferramenta.

1. Qual a função que desempenha na organização?
 - Extremamente Importante
 - Muito Importante
 - Importante
 - Pouco Importante
 - Muito Pouco Importante
 - Nada Importante
2. Como classifica a importância das Auditorias 5S para a sua organização?
 - Extremamente Importante
 - Muito Importante
 - Importante
 - Pouco Importante
 - Muito Pouco Importante
 - Nada Importante
3. Qual considera a importância que a nova ferramenta desenvolvida para análise das Auditorias 5S têm para a análise dos resultados?
 - Extremamente Importante
 - Muito Importante
 - Importante
 - Pouco Importante
 - Muito Pouco Importante
 - Nada Importante
4. Qual considera a importância em analisar, cada linha de montagem ou equipamento integrado sob a forma individual?
 - Extremamente Importante
 - Muito Importante
 - Importante
 - Pouco Importante
 - Muito Pouco Importante
 - Nada Importante
5. Qual considera a importância em analisar, de forma, individual cada S, para cada linha de montagem ou equipamento integrado?
 - Extremamente Importante
 - Muito Importante
 - Importante

- Pouco Importante
 - Muito Pouco Importante
 - Nada Importante
6. Qual a importância que considera relativamente à análise dos resultados feita sobre um pódio?
- Extremamente Importante
 - Muito Importante
 - Importante
 - Pouco Importante
 - Muito Pouco Importante
 - Nada Importante
7. Esta análise de resultados permite melhorar o desempenho da unidade/departamento que é responsável?
- Sim
 - Não
8. Esta ferramenta permite facilitar a compreensão do número e resultado das auditorias 5S para o preenchimento do seguimento semanal e reporte para a sede?
- Sim
 - Não
9. Considera que esta ferramenta abrange os pontos essenciais numa análise de resultados?
- Sim
 - Não
10. Considera que esta ferramenta foi bem desenvolvida?
- Sim
 - Não

