



## **Controlo Estatístico do Processo: Implementação na Linha - Tyssedal Mirror**

**FILIPE ALEXANDRE MOREIRA DO COUTO**

Outubro de 2019

---

---

# **Controlo Estatístico do Processo**

## **Implementação na Linha – *Tyssedal Mirror***

---

---

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Química, ramo Qualidade

Filipe Alexandre Moreira do Couto

Orientadoras:  
Eng<sup>a</sup>. Catarina Vaz  
Eng<sup>a</sup>. Margarida Ribeiro

Departamento de Engenharia Química  
Instituto Superior de Engenharia do Porto  
outubro de 2019



## **Agradecimentos**

A realização desta dissertação foi possível com o contributo de diversas pessoas, sem as quais não seria possível a sua realização:

À empresa, *IKEA Industry*, pela realização do estágio curricular, que contribuiu significativamente para o meu desenvolvimento pessoal e profissional. E a todos os colaboradores com os quais trabalhei, pela ajuda prestada e por terem facilitado a minha integração na empresa.

Em segundo lugar, à Engenheira Catarina Vaz, pelo acompanhamento enquanto orientadora do estágio, transmitindo a sua experiência e demonstrando sempre disponibilidade, apoio, motivação e amabilidade.

À Engenheira Margarida Ribeiro, por toda a dedicação, disponibilidade, compreensão e exigência durante a orientação deste trabalho.

Aos meus amigos, que me acompanharam ao longo de todo o meu percurso académico.

Por fim, gostaria de fazer um agradecimento especial aos meus pais por possibilitarem a realização do meu mestrado e por todo o apoio incondicional que têm vindo a demonstrar durante todo o meu percurso.



## Resumo

No desenvolvimento de um produto, é crucial transformar necessidades do cliente em parâmetros específicos e mensuráveis, ou seja, em requisitos fundamentais exigidos pelo cliente, usualmente designados por parâmetros críticos para a qualidade. Estes, têm como o objetivo garantir a satisfação do mesmo, bem como a qualidade do produto. Assim, é importante monitorizar e controlar o processo através da implementação do controlo estatístico do processo.

Tendo em consideração estas exigências, a organização, *IKEA Industry*, em que foi realizado o estágio, considerou importante implementar a metodologia de controlo estatístico do processo no desenvolvimento dum novo produto, nomeadamente, a porta *Tyssedal Mirror*, constituindo o contexto desta dissertação. Esta metodologia compreende várias ferramentas da qualidade que estabelecem ligação entre si.

Inicialmente procedeu-se à identificação dos parâmetros críticos para a qualidade, tendo-se sinalizado 12 parâmetros a ter em consideração no processo.

Com a descrição exaustiva do processo, através da elaboração do mapa de processo, conclui-se que o processo de montagem da porta é constituído por 30 etapas que englobam num total de 305 variáveis, das quais 223 são de entrada e 82 de saída. O estudo da correlação entre as variáveis de entrada e de saída do processo, através da Matriz Causa-Efeito, resultou em 12 variáveis com maior impacto no processo, que se encontram nas etapas de aplicação da cola quente e cola branca.

Dessas variáveis, efetuou-se a Análise de Modos de Falha e Efeitos em que se conclui que os pontos críticos são: o alinhamento do bico da pistola ao rasgo do *stile*, a quantidade de cola aplicada (quer branca, quer quente) e a altura da pistola em relação ao *stile*. De forma a reduzir o risco associado, procedeu-se à definição de ações recomendadas.

Concluindo, com as ações definidas ainda há um longo caminho a percorrer, desde a sua implementação para estabilizar o processo e avaliar a sua capacidade até ao acompanhamento do mesmo ao longo do tempo.

**Palavras-chave:** Controlo Estatístico do Processo, *Tyssedal Mirror*, Ferramentas da Qualidade



## Abstract

When developing a product, it becomes critical to transform the customer`s needs in specific and measurable parameters, that is, in fundamental requirements demanded by customers, usually designated by critical parameters for quality. Consequently, these parameters have as aim to guarantee their satisfaction, as well as their quality. As a result, it becomes important to test and control the process through the implementation of the statistical process control.

Considering these demands, the organization, *IKEA Industry*, where the internship was performed, considered that it was relevant to implement the methodology of statistical control of the process during the development of a new product, in other words, the *Tyssedal Mirror* door, which constitutes the context of this dissertation. Such methodology concerns several quality tools which establish relationships with each other.

First of all, proceeded the identification of the critical parameters for quality, having highlighted 12 parameters to be considered in process.

With the exhaustive description of the process, through the elaboration of the process map, it was concluded that the door assembly process is made up of 30 phases wich include in a total of 305 variables, from which 223 are of input and 82 of output. The study of correlation between the input and the output variables, through the cause-effect matrix, has resulted in 12 variables with greater impact in the process, mainly found in the application stages of hot and white glue.

From these variables it was performed the failure mode and effect analysis, where it was concluded where the critical points identified were: the alignment of the glue pistol nozzle to the rip of the stile, the amount of glue (either white or hot) and the heigh of the glue pistol relative to the stile. In order to reduce the risk within associated, it took place the definition of recommended actions.

In conclusion, with all the actions defined, there is still a long way to go, since the implementation to stabilize the process, evaluate its capability and to monitor it overtime.

**Keywords:** Statistical Process Control, *Tyssedal Mirror*, Quality Tools



## Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract .....	vii
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas .....	xv
1. Introdução .....	1
1.1. Apresentação do Grupo <i>IKEA</i> .....	1
1.2. Apresentação da <i>IKEA Industry Portugal</i> .....	2
1.3. Objetivos da Dissertação .....	3
1.4. Estrutura da Dissertação .....	3
2. Controlo Estatístico do Processo .....	5
2.1. Origem do Controlo do Processo.....	5
2.2. Variações do Processo .....	6
2.3. A Voz do Processo e do Cliente .....	7
2.4. O Percurso para o Controlo Estatístico do Processo .....	8
2.4.1. Identificação das Necessidades do Consumidor .....	9
2.4.2. Seleção dos Parâmetros Críticos .....	10
2.4.3. Avaliação da Estabilidade do Processo.....	10
2.4.4. Análise da Capabilidade do Processo.....	13
2.4.5. Acompanhamento do Processo .....	14
2.5. Vantagens e Limitações na Implementação do CEP.....	14
3. Descrição do Processo .....	17
4. Metodologia e Análise do Processo .....	23
4.1. Identificação dos Parâmetros Críticos para a Qualidade.....	23
4.2. Mapa do Processo .....	28
4.3. Matriz Causa-Efeito.....	32
4.4. Análise de Modos de Falha e Efeitos .....	37
4.4.1. Determinação dos Potenciais Modos de Falha, dos Efeitos e das Causas .....	40
4.4.2. Identificação dos Controlos Atuais do Processo .....	41

4.4.3.	Determinação e Análise do Número Prioritário de Risco .....	43
4.4.4.	Definição de Ações Recomendadas .....	44
5.	Atividades Complementares .....	47
5.1.	<i>Standardização</i> .....	47
5.2.	Análise do Sistema de Medição.....	48
6.	Conclusões e Perspetivas Futuras .....	51
	Referências Bibliográficas .....	55
	Anexos.....	59
	Anexo A – <i>Layout</i> da Linha 22 de Produção do <i>Tyssedal Mirror</i> .....	59
	Anexo B – Identificação dos Parâmetros Críticos para a Qualidade.....	60
	Anexo C – Mapa do Processo.....	61
	Anexo D – Matriz Causa-Efeito .....	65
	Anexo E – Análise de Modos de Falha e Efeitos do Processo (PFMEA) .....	68
	Anexo F – Mapa de Autocontrolo .....	70

## Índice de Figuras

Figura 1.1 – Produtos produzidos na fábrica PFF .....	2
Figura 2.1 – Representação duma carta de controlo (adaptada) [3].....	5
Figura 2.2 – A ação das diferentes fontes de variação envolvidas num processo que conduzem à dispersão do mesmo [6].....	6
Figura 2.3 – A Voz do Cliente e do Processo como meio de comunicação da sua satisfação em relação ao produto adquirido.....	7
Figura 2.4 – Diferentes fases para a implementação do controlo estatístico do processo (adaptado) [11].....	9
Figura 2.5 – Avaliação da capacidade do processo: processo [4]. .....	13
Figura 3.1 – Destino do produto na fase de inspeção (adaptada) [13].....	18
Figura 3.2 – Ilustração da aplicação das portas Tyssedal (lado esquerdo) e Tyssedal Mirror (lado direito) num roupeiro. ....	19
Figura 3.3 – Matérias-primas utilizadas para a montagem do Tyssedal Mirror: Stile com furação de dobradiça (a); Rails com as quatro cavilhas (dowels) (b); Stile sem furação (c) e o espelho (d). ....	19
Figura 3.4 – Zona de alimentação dos stiles e de montagem da porta : (a) - momento de aplicação de cola ao longo do rasgo através das pistolas; (b) – aplicação dos empurradores laterais após a rotação de 90°; (c) – acionamento dos empurradores adicionais e (d) – visão de topo da zona de alimentação lateral dos stiles e montagem da porta na parte central da linha de produção. ....	21
Figura 3.5 – Representação da etiquetas utilizadas no processo: (a) PQR – Informação da unidade onde é produzido o produto e (b) NLACD – Informação do nome do produto e respetiva referência.....	22
Figura 4.1 – Folga entre os elementos de ligação. ....	26
Figura 4.2 – Uma das workstations presentes na linha que contém toda a documentação associada às rotinas diárias.....	29
Figura 4.3 – Posto de inspeção da linha. ....	30
Figura 4.4 – Etapa do processo: Rotação do stile (90°).....	35
Figura 4.5 – Fluxograma representativo das etapas de uma Análise de Modos de Falha e Efeitos (adaptado de [31]). ....	39
Figura 4.6 – Paletização dos stiles após a sua produção. ....	43

Figura 4.7 – Predominância dos valores do número prioritário de risco com respetiva percentagem. ....	44
Figura 5.1 – Classificação dos diferentes lados do móvel, de acordo com a norma definida pelo IKEA. ....	48
Figura 5.2 – Template referente à folga na união dos componentes. ....	49
Figura 5.3 – Representação de alguns dos quadros de defeitos elaborados. ....	49
Figura A. 1 – Layout da linha com a divisão das etapas genéricas e o enquadramento das etapas resultantes da elaboração do mapa do processo. ....	59
Figura C. 1 – Mapa do Processo da linha de montagem do Tyssedal Mirror. ....	61
Figura C. 2 – Mapa do Processo da linha de montagem do Tyssedal Mirror. ....	62
Figura C. 3 – Mapa do Processo da linha de montagem do Tyssedal Mirror. ....	63
Figura C. 4 – Mapa do Processo da linha de montagem do Tyssedal Mirror. ....	64
Figura D. 1 – Estrutura da Matriz Causa-Efeito. ....	65
Figura E. 1 – Linhas orientadoras para a elaboração do PFMEA. ....	68
Figura E. 2 – Análise de Modos de Falha e Efeitos da etapa de aplicação de cola branca (à base de copolímeros de etileno e de acetato de vinilo). ....	68
Figura E. 3 – Análise de Modos de Falha e Efeitos da etapa de aplicação de cola quente (à base de copolímeros de butadieno e de estireno). ....	69
Figura F. 1 – Mapa de Autocontrolo elaborado para a linha de montagem da porta com base na documentação. ....	70

## Índice de Tabelas

Tabela 4.1 – Condições definidas no Apêndice dos Processos Especiais para definição de um CTQ.....	24
Tabela 4.2 - Características de Valor para o Cliente avaliadas como CTQ através do modelo de levantamento dos CTQ da empresa associadas ao TyssedaL Mirror.....	25
Tabela 4.3 Identificação das características de valor para o cliente avaliadas como parâmetros críticos para a qualidade a partir do modelo de recolha da CTQ, dos equipamentos ou tipo de medição e classificação do respetivo parâmetro como variável ou atributo. ....	27
Tabela 4.4 – Significado da simbologia dos parâmetros críticos para a qualidade e do processo. ....	31
Tabela 4.5 – Lista das variáveis de saída do processo que possuem elevado grau de importância para o cliente. ....	32
Tabela 4.6 – Foco parcial da matriz causa-efeito de uma das etapas do processo. ....	34
Tabela 4.7 – Foco parcial da matriz causa-efeito na determinação da pontuação total de todas as taxas de correlação em cada linha.....	35
Tabela 4.8 – Conjunto de doze variáveis com taxa de correlação mais elevada.....	36
Tabela 4.9 – Escala de classificação do indicador de severidade. ....	37
Tabela 4.10 – Escala de classificação do indicador de deteção. ....	38
Tabela 4.11 – Escala de classificação do indicador de ocorrência.....	38
Tabela 4.12 – Escala para o Número Prioritário de Risco. ....	39
Tabela 4.13 – Definição de ações corretivas para reduzir a ocorrência das causas ou melhorar a deteção com conseqüente diminuição do NPR .....	44
Tabela B. 1 – Modelo de recolha de parâmetros críticos para qualidade.....	60
Tabela D. 1 – Valores atribuídos do grau de importância para o cliente das variáveis de saída do processo.....	66



## Lista de Abreviaturas

No desenvolvimento deste relatório adotou-se abreviaturas que se desreveem na lista seguinte com o respetivo significado.

7QC – *Seven Basic Tools of Quality*;

BOF – *Board on Frame*;

CC – *Customer Claims* – Reclamações do cliente;

CEP – Controlo Estatístico do Processo;

CoA – *Certificate of Analysis*;

CTQ – *Critic to Quality*;

FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis*;

ISQC – *IKEA Suplier Quality Standard – Special Process Appendix*;

MDF – *Medium Density Fiberboar*;

MSA – *Measurement Systems Analysis*;

N/A – Não Aplicável

NLACD – *Number Label Article Colour Dot*;

NPR – Número Prioritário de Risco;

OPL – *One Point Lesson*;

PFF – *Pigment Furniture Factory*;

PFMEA – *Process of Failure Mode and Effects Analysis*

PQR – *Permanent Quatity Required*;

QH – *Quality Handbook* – Manual da Qualidade;

SOS – *Standard Operating Sheet*;

TDS – *Technical Data Sheet*

WES – *Work Element Sheet*;



## 1. Introdução

O presente projeto foi realizado na empresa *IKEA Industry Portugal Lda.* localizada no concelho de Paços de Ferreira, distrito do Porto, no âmbito da dissertação do Mestrado em Engenharia Química, ramo de Qualidade, do Instituto Superior de Engenharia do Politécnico do Porto, e visa o controlo estatístico da linha de montagem da porta *Tyssedal Mirror*.

### 1.1. Apresentação do Grupo *IKEA*

O grupo *IKEA* foi fundado por Ingvar Kamprad, em 1943, na cidade de Ämhult, na Suécia. O nome do grupo provém das iniciais do fundador, IK e dos nomes da quinta e aldeia onde nasceu e cresceu – Elmtaryd e Agunnaryd, EA.

Este grupo caracteriza-se pela venda de mobiliário de baixo custo, uma vez que a sua visão é “criar um melhor dia a dia para a maioria das pessoas”, através da disposição de uma ampla gama de produtos mobiliários para a casa, funcionais e de *design* apelativo, a preços reduzidos, de forma a que esteja ao alcance de todos.

Assim, no século XX, a *IKEA* revolucionou o sector do mobiliário. Em 2018, a empresa atingiu um número de 208 mil colaboradores em todo o mundo, 957 milhões de pessoas visitaram as 422 lojas *IKEA* em mais de 50 mercados, o que se traduziu numa faturação de 38,8 mil milhões de euros.

A empresa opera em toda a cadeia de valor, desde o desenvolvimento do *produto*, produção até à distribuição e retalho, sendo que as diversas estruturas estão integradas. O grupo *IKEA* é constituído por um conjunto de empresas geridas pela fundação *Stichting Ingka* sediada na Holanda, e os seus fundos são utilizados para fins de caridade ou investimentos no grupo.

Em resultado do aumento da procura e da crescente incapacidade de dar resposta aos pedidos dos clientes, o Grupo *IKEA*, em 1991 criou o grupo *Swedwood*, com o intuito de garantir a capacidade de produção de mobiliário de madeira de modo a suprimir as necessidades do grupo.

No ano de 2013, ocorreu a junção dos grupos *Swedwood* e *IKEA Industry Investemment & Development* e a *IKEA Industry* passa a ser uma área central do Grupo *IKEA*. Tendo como finalidade desenvolver produtos de mobiliário exclusivo para a marca *IKEA*, com grande valor

para o cliente, quer em qualidade, quer em preço para satisfazer as necessidades da empresa e, ao mesmo tempo, permitindo uma maior eficiência de resposta aos clientes. Atualmente, o grupo *IKEA Industry* é constituído por 38 unidades de produção localizadas em 9 países: China, Eslováquia, EUA, Hungria, Lituânia, Portugal, Polónia, Rússia e Suécia, sendo, Portugal um dos cinco principais produtores.

## 1.2. Apresentação da *IKEA Industry* Portugal

A *IKEA Industry* Portugal encontra-se no complexo industrial de Paços de Ferreira, distrito do Porto, desde 2008, antiga *Swedwood*. A fábrica é constituída por duas unidades de produção: BoF (*Board On Frame*) e PFF (*Pigment Furniture Factory*) e um armazém, com a designação de *Warehouse*, ocupando uma área de 210 000 m<sup>2</sup> com cerca de 1 500 colaboradores. A BoF está dividida em duas partes, *Lacquer & Print* e a *Foil*, em que produz mesas e estantes. A PFF está direcionada à produção de *Tyssedal* (portas de armário), *Hemnes Chests* (cômodas) e *Kitchen Fronts* (portas de frentes de cozinha), como se ilustra na Figura 1.1. A maior parte da produção da empresa destina-se à exportação, tendo como destino países como a China, a França, o Japão, os Estados Unidos, entre outros.



Figura 1.1 – Produtos produzidos na fábrica PFF

A atividade da *IKEA* é baseada em valores, que são os princípios que orientam nas suas ações e formas de comportamento. Esses valores refletem e dinamizam as ações das pessoas e cultura empresarial, que totalizam em 8 valores: união, cuidar das pessoas e do planeta,

consciência de custos, simplicidade, renovar e melhorar, diferente com um propósito, delegar e assumir a responsabilidade e por último liderar pelo exemplo.

### **1.3. Objetivos da Dissertação**

Este trabalho visa auxiliar na implementação do controlo estatístico do processo da linha de produção número vinte e dois que se caracteriza pela montagem (*frame construction*) de portas *Tyssedal* e *Tyssedal Mirror*. Nesse sentido, pretende-se identificar os parâmetros críticos do processo, descobrir as possíveis causas que contribuem para os diversos parâmetros e verificar quais têm maior influência no desenvolvimento do produto final. Toda esta análise foi apoiada em ferramentas da qualidade o que permitiu uma melhor visão e abordagem do processo.

Assim, a finalidade deste trabalho prende-se com:

- Identificação dos parâmetros críticos para a qualidade associados ao produto com base dos requisitos do cliente;
- Identificação das variáveis envolvidas em todo o processo que conduzem ao desenvolvimento do produto e avaliação das variáveis com maior impacto sobre o processo ou produto;
- Avaliação dos modos de falha e efeitos das variáveis com maior correlação sobre o processo ou produto;
- Estabelecer ações recomendadas que minimizem a variação.

### **1.4. Estrutura da Dissertação**

A presente dissertação é estruturada em 6 capítulos. No capítulo inicial, apresenta-se uma breve descrição da empresa, em que a presente dissertação se desenvolveu, bem como os objetivos delineados. O segundo capítulo aborda os fundamentos teóricos associados ao Controlo Estatístico do Processo, bem como as diferentes fases que permitem conduzir à sua implementação, de forma a avaliar a estabilidade e capacidade dum processo. O terceiro capítulo, designado por Descrição do Processo, relata as matérias-primas usadas e o fluxo produtivo da unidade industrial (PFF). Com mais pormenor, é descrito o processo associado à

linha de montagem da porta *Tyssedal Mirror* em que incidiu esta dissertação. No quarto capítulo apresenta-se a análise exaustiva do processo que foi realizada ao longo do estágio. O quinto capítulo aborda as atividades complementares efetuadas que permitem dar um maior suporte ao processo. Por último, o sexto capítulo trata das conclusões e algumas perspetivas futuras no âmbito deste estágio curricular.

## 2. Controlo Estatístico do Processo

Ao longo deste capítulo, serão apresentados os fundamentos teóricos no âmbito desta dissertação.

### 2.1. Origem do Controlo do Processo

No período que abrangeu as Grandes Guerras Mundiais, com a evolução dos sistemas produtivos e o aumento sucessivo da concorrência nos mercados, verificou-se um progresso dos métodos estatísticos que permitiram não só avaliar os processos de produção, como também a qualidade durante a mesma. Assim, com a evolução da estatística surge uma das ferramentas que estabelece como base o desenvolvimento do controlo estatístico do processo [1, 2].

A base do controlo estatístico do processo (CEP) remonta à década 20, nos Estados Unidos, pela mão de Walter Shewhart, quando trabalhava na empresa telefónica *Bell Telephone Laboratories*. Com a necessidade de melhorar a qualidade dos produtos, começou a monitorizar a variabilidade do processo ao longo do tempo, recorrendo a conceitos básicos de estatística e definindo limites de controlo, nas etapas do processo, de forma a verificar se o mesmo possuía a capacidade de cumprir as especificações [2]. Assim, surgiram as cartas de Shewhart, vulgarmente conhecidas como cartas de controlo, como se demonstra na Figura 2.1.

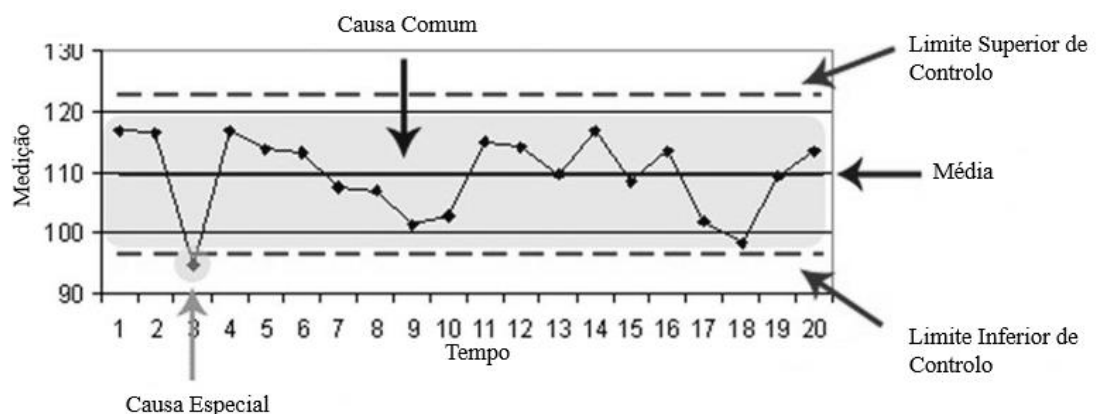


Figura 2.1 – Representação dum carta de controlo (adaptada) [3].

Segundo a literatura, o CEP define-se como um conjunto de ferramentas estatísticas, para além das cartas de controlo, que permitirão atingir estabilidade num processo através da redução da variabilidade, bem como melhorar a sua capacidade. Para além de permitir a

monitorização do processo, este controlo avalia as causas presentes no sistema, e definição de soluções para a resolução dos problemas de produção que possam surgir [4].

## 2.2. Variações do Processo

Qualquer processo produtivo, por mais estável que possa ser, possui sempre variações que lhe estão associadas. Todavia, essas variações no processo que afetam a qualidade do produto podem ser detetadas e corrigidas, reduzindo assim o desperdício, bem como a probabilidade de que os problemas sejam refletidos no produto final adquirido pelo cliente. Shewhart identificou dois tipos de causas associadas à variação no processo: causas comuns e causas especiais (ou assinaláveis) de variação [2]. A Figura 2.1 demonstra a deteção destas, a partir da visualização duma carta de controlo.

As causas comuns originam uma variação controlada que é intrínseca ao processo e estará sempre presente, em resultado da acumulação de diversas fontes de variação, das quais se destacam, o meio ambiente, os métodos, as medições, as matérias-primas, a mão de obra e os equipamentos (máquina), conforme ilustra a Figura 2.2 [1].

Por outro lado, as causas especiais decorrem de variações imprevisíveis que poderão influenciá-lo, como por exemplo: danificação de equipamento e falta de calibração da máquina. Estas causas (especiais) podem ser investigadas para serem ajustadas e controladas. Para tal, é necessária uma recolha sistemática de dados relacionados com o processo e o recurso a várias ferramentas da qualidade que auxiliam na localização das causas dos problemas [1, 5].

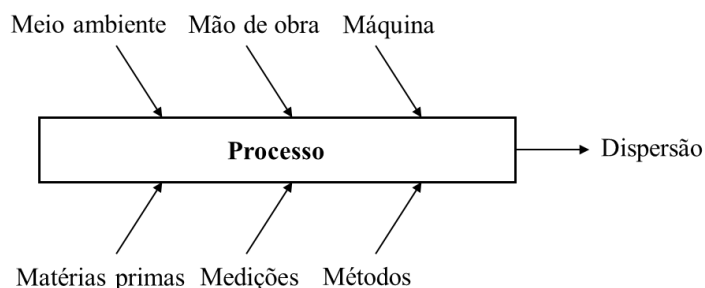


Figura 2.2 – A ação das diferentes fontes de variação envolvidas num processo que conduzem à dispersão do mesmo [6].

### 2.3. A Voz do Processo e do Cliente

Com um mercado cada vez mais competitivo, a Voz do Cliente constitui uma técnica fundamental na recolha de informações precisas sobre as suas necessidades, organizando-as numa estrutura hierárquica, priorizando em termos de importância relativa e de satisfação, em relação a um determinado produto. Após essa recolha, procede-se à conversão dessas informações em parâmetros específicos e mensuráveis. Assim, esta técnica fortalece a ligação entre as empresas e os clientes, de forma a possibilitar um entendimento preciso dos requisitos e do desenvolvimento de produtos ajustados aos mesmos, para que as expectativas possam ser reconhecidas no produto final [7, 8].

Para produzir um produto que cumpra as exigências dos clientes, torna-se necessário definir, monitorizar e controlar as entradas do processo. A Voz do Processo transmite informação através de métodos estatísticos de características do produto a ser produzido, com o objetivo de reduzir a variância, de forma a alcançar a qualidade pretendida e criar condições para efetuar melhorias no decorrer do mesmo [4]. Na Figura 2.3, representa-se a união entre a Voz do Processo e a Voz do Cliente.

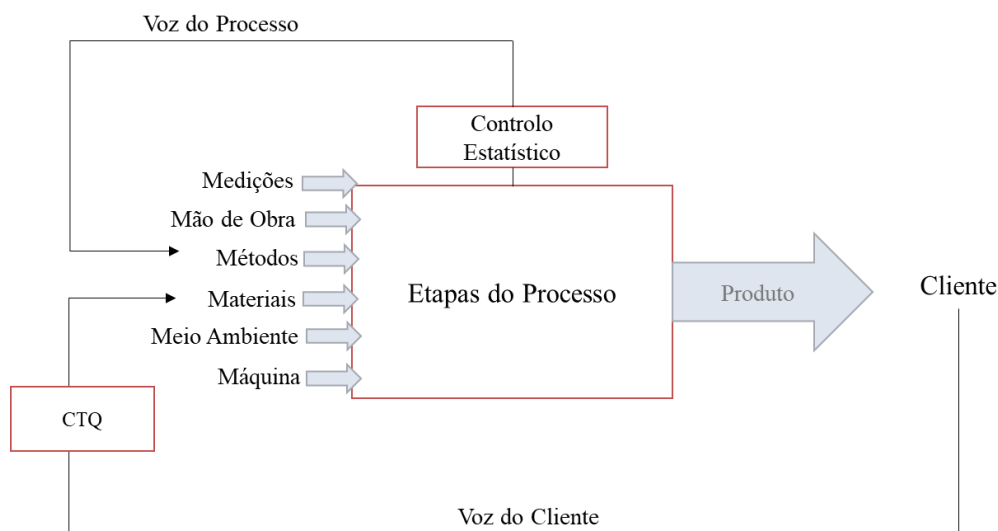


Figura 2.3 – A Voz do Cliente e do Processo como meio de comunicação da sua satisfação em relação ao produto adquirido.

## 2.4. O Percurso para o Controlo Estatístico do Processo

Com o objetivo de controlar o processo o *brainstorming* e as ferramentas da qualidade são fundamentais ao longo do percurso para o controlo estatístico do processo. O *brainstorming* é um processo utilizado em trabalho de equipa, permitindo a exposição de grande número de ideias para ir ao encontro de uma solução para um problema específico [9]. Ao longo do século XX, foram desenvolvidas diversas ferramentas da qualidade que contribuem para a melhoria contínua dos processos de uma organização e para atingir a eficiência máxima. Estas tornam-se essenciais na identificação das causas de determinado problema, bem como no auxílio da adoção de ações corretivas [1, 10].

Existem inúmeras ferramentas da qualidade, como por exemplo as sete ferramentas básicas da qualidade (7QC): Histograma, Carta de Controlo, Gráfico de Dispersão, Diagrama de Causa e Efeito, Folha de Registo e Verificação, e Diagrama de Pareto. Para além deste conjunto de ferramentas destacam-se: Mapa do Processo, Matriz Causa-Efeito, Análise de Modos de Falha e Efeitos, e entre outras, que suportam a metodologia do controlo estatístico do processo. Estas técnicas tem um vasto campo de aplicação, contribuindo no controlo do processo e na melhoria contínua [11, 12].

Segundo a análise realizada por Jiju Antony e Tolga Taner, várias metodologias que definem as linhas orientadoras para a implementação do controlo estatístico do processo são reportadas com múltiplas limitações [13]. No entanto, destaca-se a metodologia de Ronald Does como sendo a mais abrangente. Este modelo propõe a divisão do processo de implementação em duas perspetivas: a organizacional e a metodológica [11].

Na perspetiva organizacional, são abordadas as questões relacionadas com o apoio da gestão e a constituição da equipa multidisciplinar responsável pelo projeto [11]. Em relação à parte metodológica, a sua constituição é apresentada na Figura 2.4.

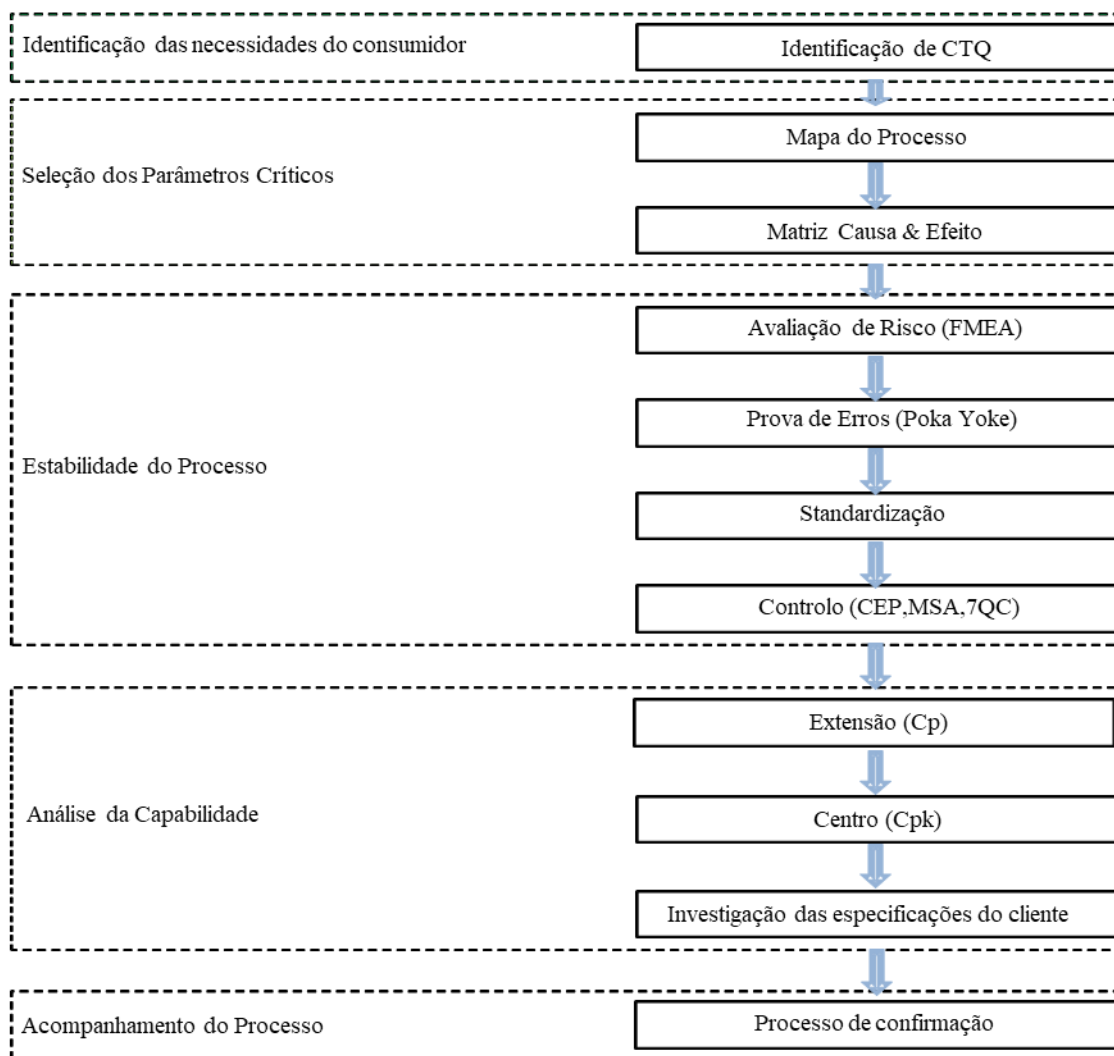


Figura 2.4 – Diferentes fases para a implementação do controlo estatístico do processo (adaptado) [11].

### 2.4.1. Identificação das Necessidades do Consumidor

No desenvolvimento do produto, a Voz do Cliente, permite analisar quais as necessidades do consumidor em relação ao produto e transformá-las em parâmetros específicos e mensuráveis, ou seja, em requisitos fundamentais exigidos pelo cliente, vulgarmente designado por parâmetros críticos para a qualidade (CTQ). Entende-se por requisito do produto uma característica de qualidade que meça e avalie uma exigência do cliente [14, 15].

### **2.4.2. Seleção dos Parâmetros Críticos**

Na fase da seleção dos parâmetros críticos do processo, é necessária a descrição do mesmo é realizado com recurso à construção do Mapa do Processo e da Matriz Causa-Efeito, designada também como Matriz de Priorização.

O Mapa do Processo é uma ferramenta de planeamento que visa a identificação do fluxo produtivo, ou seja, a sequência de atividades decorrentes num processo. Com recurso a símbolos gráficos, o mapa do processo permite a visão geral do processo e respetiva análise, facilitando a compreensão no seu conjunto. Assim, o Mapa do Processo constitui uma ferramenta que permite a qualquer indivíduo compreendê-lo [4, 16].

A Matriz Causa-Efeito constitui uma ferramenta de priorização, sendo para identificar quais os *inputs* (variáveis independentes) do processo que têm maior impacto nas saídas do processo (variáveis dependentes), com base nos requisitos do cliente, de forma a avaliar a correlação entre a variável de entrada e a variável de saída. Com esta relação, é possível determinar os parâmetros mais críticos, aumentando o foco no que é importante para o cliente. Posto isto, os objetivos desta ferramenta são a avaliação relativa ao valor para o cliente, determinar quais as principais variáveis de saída e identificar áreas de foco para possíveis melhorias [16, 17].

### **2.4.3. Avaliação da Estabilidade do Processo**

A etapa da avaliação da estabilidade do processo inicia-se com a Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA). Esta ferramenta constitui uma técnica analítica que procura identificar e avaliar os modos de falha dum sistema, e as potenciais causas de falha associadas ao projeto ou à produção de um dado produto, bem como as ações corretivas que as eliminem ou atenuem. Esta técnica tem vindo a ser aplicada com mais frequência nas empresas, preocupadas com a prevenção dos riscos ocupacionais e de segurança. Existem vários tipos de FMEA. Neste trabalho, irá abordar-se a análise de modos de falhas e efeitos do processo (PFMEA) [18, 19].

A aplicação de PFMEA destina-se ao momento em que um processo é desenvolvido, quando um processo ou produto sofre alteração e deve ser revisto, periodicamente, ao longo do ciclo de vida do processo ou produto. As vantagens da sua utilização assentam numa melhoria contínua da qualidade, da fiabilidade e da segurança do produto/processo, diminuir o tempo de

desenvolvimento, incrementar a satisfação e a fidelização do cliente, reduzir o *lead time*, definir um plano de ações priorizado e minimizar o risco de não detetar os modos de falha [18, 20].

O modo potencial de falha representa a forma em que uma operação pode potencialmente falhar e não cumprir ou desenvolver a função pretendida e os requisitos que lhe estão associados. Para cada modo de falha, analisa-se o respetivo efeito, causa e controlos existentes.

Os potenciais efeitos associados ao modo de falha constituem um impacto negativo no processo como defeitos ou evento nocivo para o cliente ou colaborador. O impacto nas variáveis dependentes (*output*) pode comprometer a conformidade dos requisitos internos (na fábrica) e externos (no cliente). As potenciais causas identificam a raiz que leva à ocorrência do desvio. Quando uma causa é exclusivamente associada a uma falha, o seu controlo é mais fácil, uma vez que, controlando a causa a falha fica resolvida [19, 21].

No entanto, existem causas mais abrangentes que exigem uma maior dificuldade no controlo, como na situação anterior. Os controlos presentes, quer de prevenção, quer de deteção, possibilitam a diminuição da ocorrência e incremento da deteção que previnem tanto as causas, como os seus modos de falha [19, 21].

O índice NPR (Número Prioritário de Risco) possibilita a priorização do risco através do produto de três índices: Severidade (S), Ocorrência (O) e Deteção (D). A Severidade tem em consideração o impacto dos efeitos dos modos de falha. A Ocorrência consiste na probabilidade de acontecer uma determinada causa, tendo em conta a frequência com que esta ocorre e conduz à ocorrência de um modo de falha. A Deteção avalia a robustez que os controlos existentes têm para identificar as causas e modos de falhas. Com a priorização dos riscos pelo índice NPR definem-se ações corretivas, dirigidas, em primeiro lugar, aos de maior prioridade, com o objetivo de reduzir qualquer dos índices S, O e D. As ações devem ser monitorizadas para garantir a sua correta implementação [19, 21].

Segundo o Princípio de Pareto cerca de 20 % das pontuações de riscos mais elevadas originam 80 % dos problemas do processo. As ações a serem implementadas podem ser ao nível da diminuição da frequência da ocorrência, na alteração do processo de forma que as causas não tenham efeitos e também através de procedimentos que melhorem a deteção e resolução da causa. As medidas adotadas nesta fase dependem de projeto para projeto, assim como da organização e técnicas utilizadas [11]. Para tal, os sistemas à prova de erro (*Poka Yoke*), a *Standardização* e o Controlo Estatístico do Processo constituem exemplos de medidas

corretivas que visam estabilizar o processo e minimizar o risco das relações causa-efeito com mais impacto na análise de risco.

Um sistema *Poka Yoke* é direcionado para o processo que origina o defeito e, nesta fase são implementadas melhorias que visam a eliminação do erro. A grande vantagem destes sistemas é que impedem a transmissão de defeitos ao longo da produção. Segundo Plonka, um *Poka-Yoke* é um mecanismo para detetar, eliminar e corrigir erros na sua origem antes de chegar ao cliente. Enquanto para Shingo é um mecanismo que permite detetar erros e defeitos, através da inspeção a 100 % das peças [22, 23].

A *Standardização* do trabalho constitui uma ferramenta que promove a resolução de problemas. Esta ferramenta garante a realização de tarefas de forma eficiente, uma vez que é descrito, com precisão e clareza, os procedimentos que são necessários para executar no trabalho [24].

Os parâmetros do processo ou do produto a serem monitorizados pelo controlo estatístico do processo devem ser medidos. A variação da medição provém da variação de amostra para amostra, do instrumento de medição e do avaliador. Para assegurar a qualidade da medição, é necessária a Análise do Sistema de Medição (MSA), para avaliar a repetibilidade e a reprodutibilidade do sistema. Quanto à amostra, a variação é resultante do desvio das características do produto decorrente do processo. Em relação ao instrumento de medição, avalia-se a repetibilidade que exprime a precisão de um método efetuado em condições idênticas, isto é, refere-se a ensaios sobre uma mesma amostra, em condições tão estáveis quanto possível. A reprodutividade refere-se à precisão de um método efetuado em condições de ensaio diferentes, utilizando o mesmo método de ensaio sobre a mesma amostra, variando as condições de medição, como por exemplo, diferentes operadores. O sistema de medição será adequado se a sua variação for menor em relação à variação do processo [25, 11].

Com a definição dos parâmetros, as cartas de controlo auxiliam na monitorização da variação do processo (causas comuns e causas especiais) ao longo do tempo, com o objetivo de garantir que este se encontre sob controlo. Deste modo, as cartas de controlo dividem-se em duas classes: por variáveis e por atributos.

As cartas de controlo por variáveis são adequadas para controlar parâmetros que são medidos numa escala contínua, como por exemplo o peso. Neste tipo de situação, elabora-se duas cartas de controlo: uma referente à medição do parâmetro e outra em relação à variação associada aos valores a monitorizar [1].

As cartas de controlo por atributos aplicam-se a situações em que a grandeza a medir assume apenas valores discretos, tais como o número de produtos não conformes ou o número de defeitos [1].

#### 2.4.4. Análise da Capabilidade do Processo

Uma vez estabilizado o processo, a avaliação da capacidade visa analisar a variabilidade natural (causas comuns) de um processo estável em relação aos limites de especificação permitidos do produto. Os limites medem a tolerância permitida em relação a uma característica relevante do produto ou processo [26]. De salientar que os limites de especificação são, conceptualmente, diferentes dos limites de controlo.

Apesar do processo estar sob controlo estatístico, a distribuição que o caracteriza pode possuir um fator de variabilidade considerável relativamente às especificações, conduzindo a que um processo controlado estatisticamente produza fora dos limites, originando produtos defeituosos ou não conformes [26]. A Figura 2.5 ilustra a influência da variabilidade na capacidade do processo.

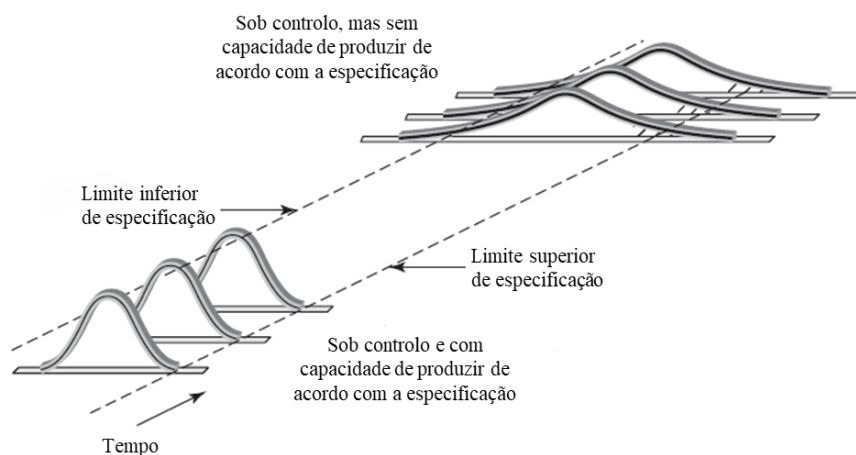


Figura 2.5 – Avaliação da capacidade do processo: processo [4].

A avaliação da capacidade pode ser efetuada através dos seguintes índices,  $C_p$  e  $C_{pk}$ :

$C_p$  – índice da capacidade potencial do processo, que verifica se o processo está centrado no valor nominal da especificação, ou seja, se cumpre as especificações do produto (Voz do Cliente) face à variação do processo (Voz do Processo) [27, 28]

$C_{pk}$  – índice de desempenho, que considera a distância da média do processo em relação aos limites de especificação, isto é, analisa unilateralmente considerando a média dos valores [28].

Na indústria, diversos setores têm como referência valores do índice  $C_p$  e  $C_{pk}$  de 1,33, que representa o valor mínimo aceitável para o processo. Se os valores forem superiores, indica que o processo é capaz de garantir o cumprimento das especificações. Não se verificando esta condição, é necessário proceder à redução da variação do processo através de melhoria contínua. Pela comparação entre os dois índices,  $C_{pk}$  e  $C_p$ , é possível retirar ilações. Assim, com valores iguais de,  $C_{pk}$  e  $C_p$ , o processo encontra-se centrado, caso contrário, está descentrado [27, 28].

#### **2.4.5. Acompanhamento do Processo**

Esta constitui a última fase do processo de implementação do controlo estatístico do mesmo, em que o processo é auditado, com vista à verificação dos resultados decorrentes das atividades implementadas. Por fim, são estabelecidas providências para assegurar e melhorar a eficácia do controlo estatístico do processo [11].

### **2.5. Vantagens e Limitações na Implementação do CEP**

Para o processo de implementação de CEP numa empresa, é importante o envolvimento de uma equipa multidisciplinar e mudança na filosofia da empresa, de forma a poder retirar maior partido do mesmo e para potenciar vantagens, tais como [29]:

- Fornecer informações ao operador sobre quando ajustar o processo;
- Auxiliar os operadores a diferenciar em causas especiais de variação de causas comuns;
- Informar numa linguagem comum sobre o desempenho do processo para diferentes pessoas envolvidas em departamentos diferentes;
- Remover a variação do processo devido a causas especiais e, assim, maior consistência no desempenho do produto;
- Melhorar a compreensão do processo por parte das pessoas envolvidas;
- Reduzir custos associados à obtenção de sucata, *rework* e inspeção visual;

- Melhorar a comunicação entre clientes (internos e externos) sobre a capacidade de o produto estar em conformidade com as especificações.

Além das vantagens, anteriormente mencionadas, o CEP orienta a organização em decisões apoiadas em dados, em vez de suposições e estabelece um ponto de partida para uma melhoria contínua do processo.

A duração para a implementação do processo envolve, algumas limitações, tais como: falta de envolvimento dos membros da equipa multidisciplinar, operadores pouco motivados por falta de formação, longa duração da implementação do CEP, delegação de responsabilidades e tarefas, falta de um especialista com conhecimentos para conduzir o processo e o investimento monetário. Estes fatores constituem as barreiras para que a implementação seja bem-sucedida [29].



### 3. Descrição do Processo

Na fábrica PFF utilizam-se como matérias-primas o MDF (*Medium Density Fiberboard*) e a melamina folheada. A melamina é constituída por partículas de madeira aglutinadas, enquanto o MDF é formado por fibras de madeira, ambos são aglutinados com resinas de ureia – formaldeído, sendo a melamina revestida em ambas as fases com papéis celulósicos impregnados com resinas melamínicas. A superfície deste papel pode sofrer diversos acabamentos consoante cada padrão. As propriedades físicas do MDF são afetadas pela temperatura e humidade. Sempre que existe variação significativa de uma destas variáveis verifica-se deformação elástica do MDF. A unidade industrial não controla a temperatura nem a humidade, apenas tem a capacidade de acrescentar humidade e aquecer o ambiente de laboração.

A receção da matéria-prima na fábrica é feita pelo Controlo de Receção chegando em placas de grandes dimensões. As placas são cortadas (longitudinal e transversalmente) com as dimensões ajustadas à respetiva referência a produzir, seguindo para os processos de fresagem e furação. Existem componentes de móveis que não necessitam de ser pintadas, pelo que seguem diretamente para a embalagem. As restantes peças (componentes exteriores de móveis) seguem para o setor de pintura, onde decorre a aplicação de tinta base (primário) e, posteriormente, tinta *top*, sendo que o número de camadas aplicadas varia consoante o processo de cada referência. A tinta *top* confere a cor, a resistência e o brilho ao produto final. Todas as peças são inspecionadas para garantir a qualidade do produto. Caso a peça seja rejeitada, isto é, não apresente conformidade com os parâmetros de qualidade, ocorrerá um de dois destinos: a recuperação da peça na área de *Repair* e conseqüente embalagem, ou o direcionamento da mesma para a sucata (Figura 3.1). Assim, em termos gerais, o processo divide-se em três etapas: a maquinação, a pintura e a embalagem.

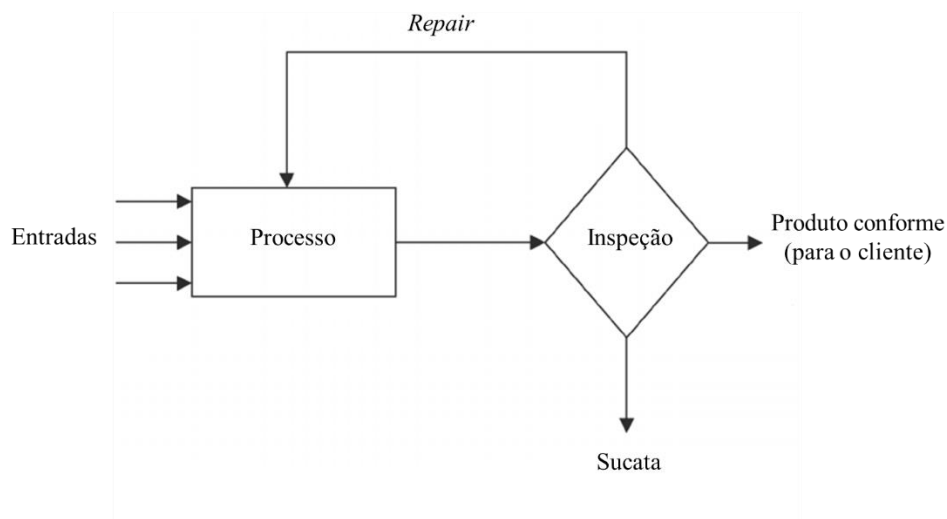


Figura 3.1 – Destino do produto na fase de inspeção (adaptada) [13].

Todo o fluxo de material presente na PFF divide-se em três categorias: matérias-primas, *semifinished* e *finished goods*. Os produtos *semifinished* abrangem peças em processamento na maquinaria, na pintura e no armazém intermédio (produtos no *buffer* para posterior embalagem), enquanto os produtos *finished goods* englobam os produtos embalados e colocados em paletes que aguardam expedição no armazém para o cliente *IKEA*.

O desenvolvimento do presente trabalho decorreu na linha de montagem das portas *Tyssedal Mirror* (linha 22) a partir de produtos *semifinished* produzidos noutras linhas da PFF usando MDF (designados por *stiles* e *rails*) e espelhos provenientes dum fornecedor externo. A descrição detalhada deste processo apresenta-se de seguida.

### **Linha 22 – Montagem do *Tyssedal Mirror***

Na Linha 22, procede-se à montagem do *Tyssedal* e do *Tyssedal Mirror*, que se caracterizam por serem portas de roupeiro com e sem espelho, conforme ilustrado na Figura 3.2. Estas portas podem ser totalmente opacas com toda a estrutura e almofadas em MDF, ou portas com estrutura em MDF e almofada de espelho. Esta linha de produção caracteriza-se por ter uma cadência máxima de 4,5 portas/min. Neste trabalho, apenas se aborda a produção do *Tyssedal Mirror* que se iniciou na terceira semana de junho de 2019.

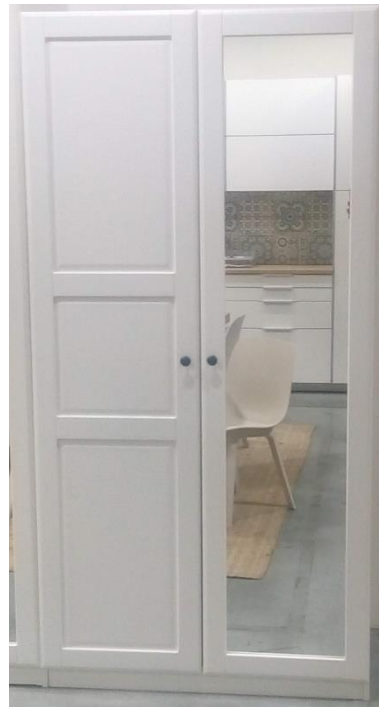
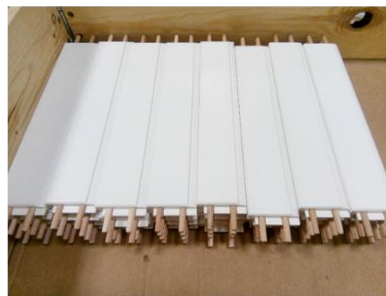


Figura 3.2 – Ilustração da aplicação das portas *Tyssedal* (lado esquerdo) e *Tyssedal Mirror* (lado direito) num roupeiro.

Para a produção do *Tyssedal Mirror*, necessita-se de dois rails de topo, dois stiles (esquerdo com furação de dobradiça e direito sem furação) e o espelho, conforme se apresenta na Figura 3.3.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3.3 – Matérias-primas utilizadas para a montagem do *Tyssedal Mirror*: Stile com furação de dobradiça (a); Rails com as quatro cavilhas (dowels) (b); Stile sem furação (c) e o espelho (d).

Quer os *rails*, quer os *stiles* são produzidos na fábrica PFF, enquanto o espelho provém de um fornecedor externo. Os *rails*, antes de entrarem no processo da Linha 22, são submetidos a uma operação, na Linha 20, que consiste na colocação de quatro cavilhas (*dowels*) por cada *rail* (aplicação de cola branca e com recurso à prensagem) sendo, posteriormente, direcionados para a Linha 22. O esquema de fluxo desta linha apresenta-se no Anexo A.

A produção do *Tyssedal Mirror* inicia-se com a alimentação dos *rails* com o rasgo orientado na direção do fluxo produtivo, por parte do operador. Para a montagem de cada porta, o primeiro *rail* sofre uma rotação de 180°, de forma a colocar o rasgo do mesmo na direção do operador. Depois coloca-se na posição correta, enquanto o segundo *rail* se posiciona com a orientação em que foi alimentado. A distância entre estes elementos é ajustada com auxílio de batentes, de acordo com a dimensão da porta a produzir. De seguida, os *rails* são colocados no tapete central da linha de montagem através dos braços com ventosas, e avançam através das correias presentes na linha até a zona da alimentação do espelho.

Na zona de alimentação do espelho coloca-se o espelho entre os elementos anteriormente mencionados através do pórtico (braços com ventosas). De seguida, avança-se o conjunto (*rails* e espelho) através das correias até à zona de montagem em que o sistema de transporte baixa e coloca o espelho em cima dos apoios, de forma a ocorrer a junção do conjunto, através da aplicação dos empurradores e os calcadores, para posterior inserção dos *stiles*.

Na Figura 3.4, apresenta-se a zona de alimentação dos *stiles* após o avanço do conjunto da etapa anteriormente referida. Os elementos são inseridos nas zonas laterais da linha como referido na Figura 3.4 (a). O *stile* esquerdo (que contém furação da dobradiça) e o *stile* direito (sem furação) são abastecidos no lado esquerdo e direito, respetivamente, da máquina. Avança-se o primeiro *stile* de cada conjunto até ao virador com ventosas. Nesta posição, aplica-se cola quente (à base de copolímeros de butadieno e de estireno) e cola fria (à base de copolímeros de etileno e de acetato de vinilo), ao longo do rasgo dos elementos (*stiles e rails*) em posições predefinidas pelo programa da linha, através de pistolas de aplicação de cola, de acordo com a ilustração da Figura 3.4 (b). De seguida, sofrem uma rotação de 90°, através dos viradores e por fim aplicam-se os empurradores (laterais e adicionais). Os empurradores laterais efetuam a prensagem dos *stiles* ao conjunto (espelho e *rails*) durante três segundos. Já os adicionais garantem a prensagem adicional de tempo inferior aos laterais, conforme se ilustra na Figura 3.4 (c) e 3.4 (d), obtendo-se a porta *Tyssedal Mirror*.

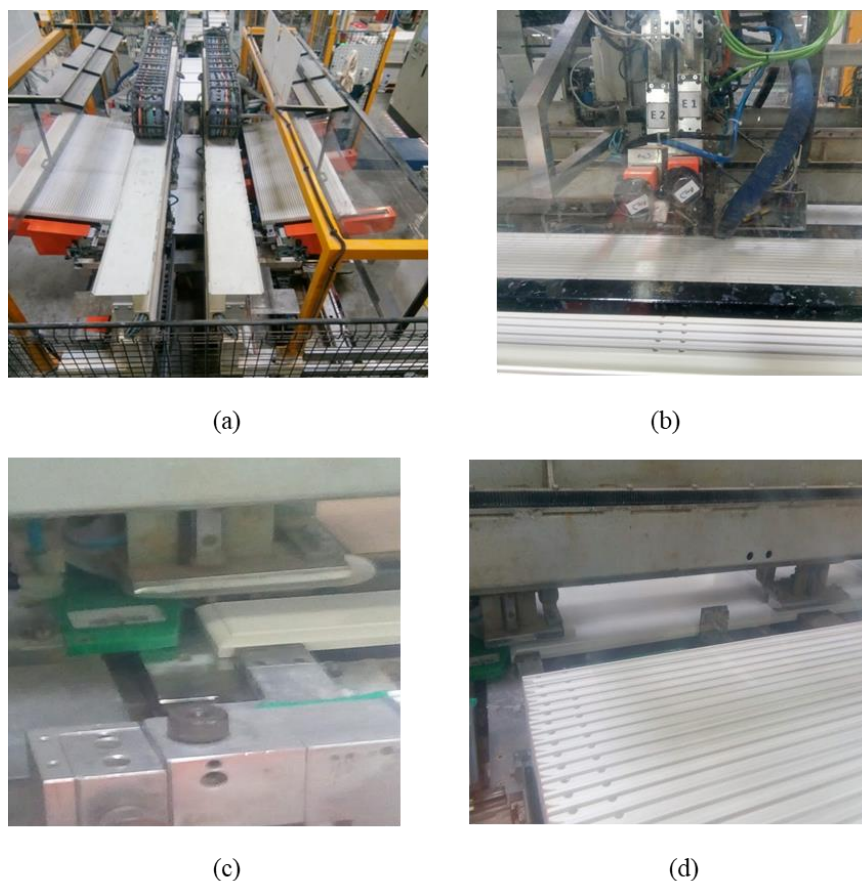


Figura 3.4 – Zona de alimentação dos stiles e de montagem da porta : (a) - momento de aplicação de cola ao longo do rasgo através das pistolas; (b) – aplicação dos empurradores laterais após a rotação de 90°; (c) – acionamento dos empurradores adicionais e (d) – visão de topo da zona de alimentação lateral dos stiles e montagem da porta na parte central da linha de produção.

Após a montagem da porta, efetua-se a respetiva inspeção visual por parte de um operador para validar a peça produzida. Na seção da inspeção visual, avalia-se a presença de defeitos num ambiente bem iluminado e com a presença, de diversos espelhos para auxiliar a avaliação. Na existência de defeito, a peça é rejeitada, caso contrário, segue para a fase seguinte: a etiquetagem e embalagem.

Para a fase de etiquetagem e embalagem necessita-se de virar a porta, com o auxílio de um virador, de forma a aplicar a etiqueta PQR (Figura 3.5 a)) a laser na posição pretendida, do interior da porta. De seguida, transfere-se a porta na posição correta, com recurso ao centrador, para a embalagem da porta. Esta operação de embalagem compreende a alimentação da *pallet* de cartão, a inserção da caixa no formatador através do pórtico, a colocação da porta com o auxílio do *robot* com recurso a ventosas dentro da caixa já formatada e o respetivo fecho da caixa através das pinças. Os últimos passos da embalagem destinam-se à aplicação de fita-cola e da etiqueta NLACD (Figura 3.5 b)). Por fim, ocorre a paletização das caixas na *paper pallets*

seguinte-se o transporte da paleta completa até a Linha 56 (embalagem). Na Figura 3.5, ilustra-se o tipo de etiquetas colocadas no produto ao longo do processo.

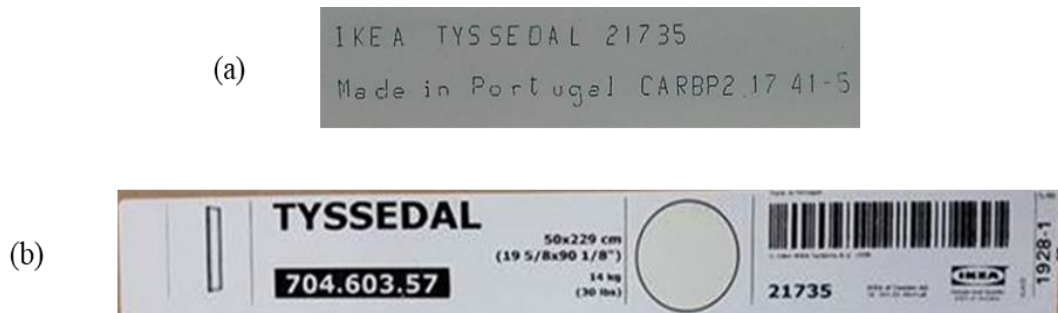


Figura 3.5 – Representação da etiquetas utilizadas no processo: (a) PQR – Informação da unidade onde é produzido o produto e (b) NLACD – Informação do nome do produto e respetiva referência.

## 4. Metodologia e Análise do Processo

A implementação do controlo estatístico do processo na Linha 22, mais concretamente para o desenvolvimento do produto *Tyssedal Mirror* encontra-se ainda numa fase inicial.

No decorrer das diferentes fases do projeto para a implementação do controlo estatístico do processo, foram realizadas diversas reuniões de *brainstorming* com uma equipa multidisciplinar, com vista a identificar os parâmetros críticos que concernem à qualidade, a elaborar o mapa do processo, a estudar a correlação entre as variáveis envolvidas em cada etapa do processo, com recurso à matriz causa-efeito e à análise de modos de falhas e efeitos das variáveis com mais impacto do processo.

Numa primeira fase do estágio procedeu-se à análise da documentação da Linha 22 e à elaboração de quadros de defeitos.

Ao longo desta seção, são abordadas algumas das fases dum longo processo que conduzirá à implementação do controlo estatístico do processo na Linha 22.

### 4.1. Identificação dos Parâmetros Críticos para a Qualidade

Recorrendo a um modelo de recolha de parâmetros críticos para a qualidade, CTQ, (tabela em Excel apresentada no Anexo B), que contempla 26 características de valor para o cliente da *IKEA Industry*, e uma listagem de documentos. Procedeu-se ao levantamento de quais as características mencionadas em cada um dos documentos consultados.

A documentação analisada divide-se em preventiva – documentação definida pelo cliente, que faz referência a parâmetros mínimos obrigatórios a ter em consideração - e reativa – documentação que permite agir sobre o processo, com o intuito de melhorar a credibilidade do produto e a satisfação do cliente. A documentação preventiva engloba: o Apêndice dos Processos Especiais (que inclui os Requisitos Mínimos, o Controlo de Matérias-Primas, o Certificado de Análise (CoA), a Folha de Dados Técnicos (TDS), e o Esquema do Processo (ou a Instrução de Aplicação)), os Requisitos Gerais de Embalagem (Norma IOS-P-0010), o Manual da Qualidade e os Testes Mecânicos e Químicos. A documentação reativa inclui o histórico de informação relativa a Produtos Não Conformes, a Reclamações Internas (detetadas pela fábrica) e a Reclamações Externas (detetadas pelo cliente).

As Características de Valor para o Cliente identificadas no Manual da Qualidade e/ou nos Testes Mecânicos e Químicos e/ou no Apêndice dos Processos Especiais (Requisitos Mínimos e Esquema do Processo) e/ou na documentação reativa foram consideradas, pela empresa, automaticamente parâmetros críticos para a qualidade (CTQ).

Os Requisitos Mínimos consistem num conjunto mínimo de parâmetros exigidos pelo cliente que têm que ser assegurados pela empresa. O Esquema do Processo é um documento que resulta do acordo entre a *IKEA Industry* e o fornecedor de matéria-prima sobre as variáveis da tecnologia em apreço. Os dois documentos são mandatários para a identificação dos CTQ, pelo que são definidas as regras da Tabela 4.1.

*Tabela 4.1 – Condições definidas no Apêndice dos Processos Especiais para definição de um CTQ.*

<b>CTQ</b>	<b>Requisitos Mínimos</b>	<b>Esquema do Processo</b>
✓	Sim	Sim
✓	Sim	Não
✓	Não	Sim
✗	Sim	Sim (N/A)

Para o processo de montagem da porta *Tyssedal Mirror* foram identificadas as Características de Valor para o Cliente (retalho e final) apresentadas na Tabela 4.2 como CTQ.

Tabela 4.2 - Características de Valor para o Cliente avaliadas como CTQ através do modelo de levantamento dos CTQ da empresa associadas ao *Tyssedal Mirror*.

<b>Caraterística de Valor para o Cliente</b>	<b>Documentação</b>
Conformidade da superfície	Manual da Qualidade, Reclamações Internas e Externas
Folgas nas juntas	Manual da Qualidade e Reclamações Internas
<i>Neat &amp; Clean</i>	Manual da Qualidade
Degrau	
Tipo/identificação da cola	Esquema do Processo (Apêndice dos Processos Especiais)
Quantidade de cola branca aplicada	Requisitos Mínimos (Apêndice dos Processos Especiais)
Pressão de prensagem	
Tempo de prensagem	
Resistência à carga vertical	Teste mecânico (EN 14749:2016)
Resistência à carga horizontal	
Identificação do artigo	Reclamações Externas
Concavidade da porta	

Com os resultados obtidos pôde-se verificar que existem parâmetros críticos para a qualidade provenientes do Esquema do Processo, dos Requisitos Mínimos, das Reclamações quer internas quer externas, do Manual da Qualidade e dos Testes Mecânicos. Em relação, ao Manual da Qualidade, destaca-se o degraú, isto é, o nivelamento entre todos os elementos constituintes da porta, a folga nas juntas (Figura 4.1), ou seja, o modo como decorre a junção entre os *rails* e os *stiles*, o *Neat & Clean* que engloba toda a sujidade presente no produto desde os *rails*, os *stiles* e o espelho decorrente das condições em que é recebido por parte do fornecedor e das condições de laboração. E, por último a conformidade da superfície pode ficar comprometida por vários fatores decorrentes do processo tais como: marcas de pressão, riscos e entre outros.



Figura 4.1 – Folga entre os elementos de ligação.

Os parâmetros associados ao Apêndice dos Processos Especiais como a quantidade de cola branca aplicada, pressão e tempo de prensagem, e a identificação/tipo de cola têm de ser controlados e registados, a fim de garantirem a produção de portas *Tyssedal Mirror* conformes, uma vez que o seu processo de montagem (colagem) se define como sendo especial, por constituir um processo que tem grande impacto na qualidade do produto, bem como na segurança do cliente.

Em relação aos testes mecânicos, a resistência à carga vertical e horizontal da porta surgem como forma de avaliar a segurança, a resistência e garantir que o produto cumpre a função a que se destina. Além disso, as reclamações internas e externas constituem dois meios de identificação de Características de Valor para o Cliente que, conseqüentemente, assumem importância durante a sua produção. Dado que o *Tyssedal Mirror* é um produto análogo ao *Tyssedal* destaca-se a concavidade da porta, a conformidade da superfície e a identificação do artigo como reclamações externas. Relativamente às reclamações internas, realça-se as folgas nas juntas e a conformidade da superfície.

Na Tabela 4.3, encontram-se as Características de Valor para o Cliente obtidas como CTQ através da análise da documentação, bem como o respetivo meio de medição e classificação do parâmetro como Variável ou Atributo.

*Tabela 4.3 Identificação das características de valor para o cliente avaliadas como parâmetros críticos para a qualidade a partir do modelo de recolha da CTQ, dos equipamentos ou tipo de medição e classificação do respetivo parâmetro como variável ou atributo.*

<b>CTQ</b>	<b>Meio de medição</b>	<b>Tipo de Medição</b>
Folga nas juntas	Apalpa folgas	Variável
<i>Neat &amp; Clean</i>	-	Atributo
Degrau	Comparador de espessuras	Variável
Conformidade da superfície	-	Atributo
Quantidade de cola branca aplicada	Teste da balança	Variável
Pressão de prensagem	Manómetro	Variável
Tempo de prensagem	Programa da máquina	Variável
Tipo de cola/identificação	-	Atributo
Resistência à carga vertical	Teste mecânico (EN	Variável
Resistência à carga horizontal	14749:2016)	Variável
Concavidade da porta	-	Atributo
Identificação do artigo	-	Atributo

Com a definição dos meios de medição para cada um dos parâmetros é possível fazer um acompanhamento mais detalhado, com o registo e a monitorização dos CTQ, de modo a poder avaliar o estado do processo e atuar em conformidade.

## 4.2. Mapa do Processo

Para a constituição do Mapa do Processo (Anexo C) procedeu-se à identificação exhaustiva das etapas do processo. Esta identificação foi feita com a informação obtida junto da linha de produção e nas reuniões de *brainstorming* associadas à montagem da porta *Tyssedal Mirror*, da Linha 22. Iniciou-se com a identificação das etapas do processo e respetiva sequência no processo. Após a definição de cada etapa identificaram-se todas as variáveis independentes (de entrada) e listaram-se todas as variáveis dependentes (de saída) tendo em consideração os requisitos do cliente e os requisitos críticos do processo, de forma a garantir que todos os requisitos se encontram associados a uma saída do processo. Além disso, classificaram-se as variáveis como sendo Standard (S), Controlável (C) e Crítica (X) e em Interno (I) e Externo (E). Em cada etapa identificou-se os potenciais problemas de qualidade que ocorrem em cada uma das etapas do processo. Posteriormente, sinalizaram-se as variáveis consideradas críticas para a qualidade (CTQ) e confirmou-se a concordância com os parâmetros identificados nas reuniões anteriores. Foi também incluída, no mapa de processo, uma ilustração de cada uma das etapas.

Assim, com o Mapa do Processo detalhado verificou-se que o processo de montagem da porta *Tyssedal Mirror* contempla 53 etapas, desde a alimentação dos *rails* até à cura da cola branca aplicada na porta, num total de 444 variáveis, das quais 333 são variáveis de entrada (*input*) e 111 variáveis de saída (*output*). No entanto, devido à presença de diversas etapas que apenas reportam ao transporte (avanço) da peça dum ponto para outro, quer por rolos, quer por correias, procedeu-se à adaptação do mapa do processo, uma vez que essas etapas, não acrescentam características significativas.

No anexo C, apresenta-se o respetivo mapa do processo adaptado constituído por apenas 30 etapas (das 53 iniciais) que englobam num total de 305 variáveis, das quais 223 são variáveis de entrada (*input*) e 82 de saída (*output*), o que permite inferir que existe um maior número de variáveis de entrada que confere as características ao produto. Também se pode afirmar que as etapas com maior número de variáveis envolvidas, se situam na fase de aplicação de cola, quer branca, quer quente e no abastecimento de *stiles*, ou seja, compreende a zona de montagem da porta, o que conseqüentemente se traduz numa maior presença de parâmetros críticos para a qualidade.

Das variáveis assinaladas no mapa do processo, verifica-se que a maioria são variáveis controláveis (C), sendo as restantes classificadas como standard (S) e críticas (X). Em relação,

às variáveis controláveis estas são de natureza interna, pelo que estão associadas ao processo e podem ser examináveis, ou seja, pode-se medir ou averiguar essa variável.

Em relação às variáveis *standard* estas são de natureza externa, pelo que se encontram devidamente regulamentadas por certificações dos fornecedores por parte da *IKEA Industry* que valida a conformidade dos mesmos com os requisitos exigidos para o processo em causa, como por exemplo a fita-cola aplicada no momento do fecho da caixa e o cartão para proceder à embalagem da porta. Por fim, as variáveis assinaladas como críticas de natureza interna situam-se na fase de nivelamento do espelho através dos suportes de *teflon*. O nivelamento dos suportes é crucial para o nivelamento do espelho, caso contrário, no momento da aplicação dos empurradores nos *rails* para ocorrer a introdução do espelho no rasgo dos mesmos, tendo como consequências imediatas a sua quebra e a danificação dos *rails* como por exemplo marcas de pressão e fissuras.

Ao longo do mapa de processo, na maioria das etapas encontram-se variáveis como *start up* e *setup* da linha, bem como as atividades ligadas à manutenção quer preventiva quer de primeiro nível. Estas atividades encontram-se inseridas nas rotinas operacionais diárias com a finalidade de assegurar o correto e bom funcionamento do turno e da linha, garantindo que todos os processos são efetuados com segurança e zelando pela qualidade do produto em curso. Para tal, existe um conjunto de documentação disponível na *workstation* que descreve os passos que os colaboradores devem seguir, de forma a garantir a execução correta das atividades. Na Figura 4.2, apresenta-se uma das várias *workstations* presentes na linha.

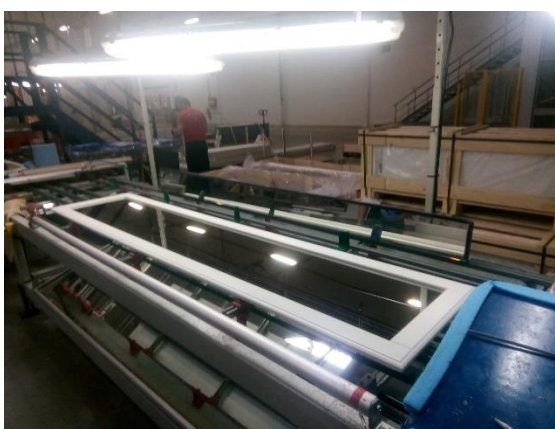


Figura 4.2 – Uma das *workstations* presentes na linha que contém toda a documentação associada às rotinas diárias.

Para além do referido, verifica-se que em algumas das atividades do processo o operador tem que estar homologado e certificado pelo sistema de análise de medição, *MSA* (*Measurement Systems Analysis*) ou apenas homologado, como por exemplo na etapa de abastecer *rails* e abastecer *paper pallets tray*, respetivamente. A homologação de um operador assegura que o mesmo adquiriu competências para a execução correta da tarefa. Já a certificação em *MSA* do operador garante o nivelamento de todos os colaboradores da fábrica em tarefas que exigem a identificação e respetiva avaliação de defeitos

seja realizada de igual forma de modo a assegurar que todos encontram-se alinhados na mesma “linha de pensamento”.

Na Figura 4.3, apresenta-se uma das etapas do processo que assume grande importância na deteção visual dos defeitos decorrentes da linha de montagem, trata-se da inspeção visual, momento precedente à montagem da porta. Nesta etapa, o operador assume um papel relevante na identificação de todos os defeitos ocorridos ao longo do processo, para avaliar se o produto se encontra em conformidade com os requisitos definidos pela *IKEA*. Os defeitos mais frequentes são o excesso de cola, a aderência de vestígios de cola, as marcas de sujidade do espelho e folgas entre componentes.






*Figura 4.3 – Posto de inspeção da linha.*

Relativamente às variáveis de saída, pôde verificar-se que algumas constituem características definidas pelo processo como por exemplo a quantidade de cola branca aplicada, a distância entre *rails* e entre outras que posteriormente conferem as características aos elementos, *rails*, espelho e *stiles*, que culminam na configuração do produto final. No entanto, certas variáveis de saída indicam particularidades que os elementos envolvidos podem sofrer numa etapa do processo e que pode comprometer a conformidade de superfície, constituindo um parâmetro crítico para a qualidade.

Assim, procedeu-se à identificação das variáveis de acordo com os CTQ assinalados na fase anterior, conforme a simbologia existente na empresa. Na Tabela 4.4 apresenta-se a respetiva simbologia.

Tabela 4.4 – Significado da simbologia dos parâmetros críticos para a qualidade e do processo.

Simbologia	Significado
	Manual da Qualidade
	Reclamações de Cliente
	Padrão de Qualidade do Fornecedor – Apêndice do Processo Especial

Com a identificação das variáveis, verificou-se que cerca de 30 que surgem classificadas como QH, *Quality Handbook* (Manual da Qualidade), 9 como ISQS - *IKEA Supplier Quality Standard* (Padrão de Qualidade do Fornecedor) e 3 variáveis avaliadas como *Customer Claims* (Reclamações de Clientes), ao longo do processo.

Assim, conclui-se que a maior parte das variáveis identificadas são referentes ao Manual da Qualidade, principalmente conformidade da superfície e *Neat & Clean*. Para além destas, destacam-se a resistência horizontal e vertical da porta, adquiridas no fim do processo de montagem após o tempo de cura da cola branca (24 h). Observa-se que estas constituem parâmetros críticos, por ser classificado como ISQS, uma vez que é uma variável adquirida pelo produto resultante do processo de colagem.

Por fim, em relação aos potenciais problemas de qualidade poder-se-á afirmar que as etapas mais suscetíveis de originarem defeitos se situam entre o abastecimento do *stile* esquerdo e a aplicação de força pelos empurradores, tais como: riscos, excesso de cola e folga entre os componentes da porta.

### 4.3. Matriz Causa-Efeito

Na fase inicial da elaboração da matriz de causa-efeito (Figura D. 1 do Anexo D), introduziram-se 51 variáveis de saída (uma em cada coluna) e procedeu-se à atribuição do grau de importância para o cliente de cada variável de saída ao longo do processo, numa escala compreendida entre 1 e 10, sendo que os valores mais elevados se relacionam com as variáveis de saída que coincidem com os parâmetros críticos para a qualidade e com variáveis críticas do processo [16].

Durante esta metodologia, consideraram-se apenas 51 variáveis de saída, uma vez que algumas se repetem em algumas fases do processo e, no momento de avaliação, são analisadas nas diferentes etapas. Consequentemente, é atribuída uma pontuação diferente consoante a etapa do processo que se encontra em análise.

A Tabela 4.5 apresenta as variáveis de saída com pontuação mais elevada. Na Tabela D. 1 do Anexo D encontra-se a atribuição do grau de importância para todas as variáveis de saída.

*Tabela 4.5 – Lista das variáveis de saída do processo que possuem elevado grau de importância para o cliente.*

<b>Grau de importância para o cliente</b>	<b>Variável de saída</b>
10	Quantidade de cola branca
	<i>Neat &amp; Clean</i>
9	Resistência à carga vertical da porta Resistência à carga horizontal da porta
	Conformidade da superfície Espelho abastecido <i>Stile</i> esquerdo abastecido <i>Stile</i> direito abastecido
8	Distribuição da cola Posição relativa da cola branca com o <i>stile</i> Concavidade da porta Folgas entre componentes Identificação do artigo Posição relativa da fita cola


De acordo com a Tabela 4.5, a quantidade de cola branca aplicada nos *stiles* possui extrema importância com a finalidade de ligação dos componentes ao longo do tempo, uma vez que o tempo de cura da cola branca é de 24 horas após produção da porta, para conferir a resistência, quer horizontal, quer vertical ao produto. Caso contrário, deixaria de cumprir uma das principais funções para a qual se destina. Em contrapartida, a quantidade de cola quente apenas tem relevância como elemento de ligação instantânea dos componentes (*rails*, *stiles* e espelho), pela razão que possui um grau de importância considerável, no valor de 6. Este valor é ligeiramente inferior por não desenvolver características de valor na porta. Também poder-se-á igualmente afirmar que mais de metade das variáveis apresentadas constituem parâmetros críticos para a qualidade, à exceção das seguintes variáveis: o Espelho abastecido, o *stile* esquerdo e direito, a posição relativa da cola branca com o *stile*, a posição relativa da fita-cola e a distribuição da cola.

Após a avaliação do grau de importância para o cliente das variáveis de saída procedeu-se à introdução das etapas do processo e respetivas variáveis de entrada, bem como a sua classificação interna ou externa na matriz causa efeito. De seguida, determinou-se o nível de correlação entre a variável de entrada de uma determinada etapa do processo com a respetiva variável de saída, numa escala de correlação compreendida entre os valores 0, 1, 3 e 9. Sendo que 0 não existe correlação, 1 e 3 correspondem a baixa correlação e moderada respetivamente, e 9 como forte correlação. Esta escala encontra-se definida internamente pela empresa.

A pontuação total para cada linha, ou seja, para cada variável de entrada do processo resulta do somatório de todas as taxas de correlação obtidas da multiplicação entre o grau de importância para o cliente de cada variável de saída e o nível de correlação atribuído anteriormente entre cada variável de saída e cada variável de entrada. Posto isto, analisou-se num ficheiro em Excel a relação entre 223 variáveis de entrada pelas 51 variáveis de saída.

Na Tabela 4.6, apresenta-se, a título de exemplo, a estrutura da matriz causa efeito para a etapa número catorze do processo, que compreende a rotação dos *stiles* em 90°, bem como a respetiva análise. Nesta etapa, as variáveis de entrada compreendem o *setup*, o *start up*, a manutenção preventiva, a manutenção de primeiro nível, o vácuo das ventosas, movimento de rotação aplicado pelo virador e posição do suporte das ventosas, enquanto as variáveis de saída envolvidas são a conformidade da superfície, a orientação do *stile* para o espelho e o lado A (lado exposto após montagem) do *stile* virado para cima.

Tabela 4.6 – Foco parcial da matriz causa-efeito de uma das etapas do processo.

				Grau de Importância para o Cliente	8	4	3
				Número da variável de saída	6	29	30
				Saída do Processo	Conformidade da superfície	Orientação do <i>stile</i> para o espelho	Lado A do <i>stile</i> virado para cima
Nº	Etapa do Processo	Entrada do Processo	E/I				
14	Rotação dos <i>Stiles</i> (90°)	<i>Setup</i>	I	0	0	0	
		<i>Start up</i>	I	0	0	0	
		Manutenção de 1º nível	I	1	3	0	
		Manutenção preventiva	I	3	9	1	
		Vácuo das ventosas	I	3	3	3	
		Movimento de rotação aplicado pelo virador	I	1	1	3	
		Posição do suporte das ventosas	I	3	3	3	

Nesta fase, pode-se inferir que as rotinas de *setup* e *start up* não possuem qualquer relação com as variáveis de saída, uma vez que as atividades inerentes a estas não têm influência nesta etapa do processo. Quanto à manutenção, conclui-se que a preventiva possui maior correlação do que a de primeiro nível, dado que o equipamento envolvente tem influência e, por isso, a sua importância ao ser efetuada serve para garantir uma das características de valor para o cliente: a conformidade da superfície. Nesta etapa, a manutenção preventiva tem maior correlação devido a ser uma manutenção mais específica, comparativamente à de primeiro nível e cumprimento da sua periodicidade.

Relativamente às variáveis vácuo das ventosas e posição do suporte das mesmas observou-se uma correlação moderada entre as variáveis de saída, uma vez que são estas que vão definir a orientação do *stile* para o espelho, com o lado A orientado para cima, conforme ilustra a Figura 4.4. Além do referido, a conformidade da superfície pode ser comprometida não só pelas marcas de pressão que podem resultar do vácuo aplicado no *stile*, como também do próprio suporte. Já o movimento de rotação aplicado pelo virador tem maior correlação com a orientação do lado A do *stile* para cima pela razão de definir a sua orientação correta.



Figura 4.4 – Etapa do processo: Rotação do *stile* (90°).

Na Tabela 4.7, apresenta-se o somatório das taxas de correlação em linha, podendo que conclui-se que as variáveis com maior influência nesta etapa são: a manutenção preventiva, vácuo das ventosas e posição do suporte das ventosas.

Tabela 4.7 – Foco parcial da matriz causa-efeito na determinação da pontuação total de todas as taxas de correlação em cada linha.

				Pontuação Total
Nº	Etapa do Processo	Entrada do Processo	E/I	
14	Rotação dos <i>Stiles</i> (90°)	<i>Setup</i>	I	0
		<i>Start up</i>	I	0
		Manutenção de 1º nível	I	20
		Manutenção preventiva	I	63
		Vácuo das ventosas	I	45
		Movimento de rotação aplicado pelo virador	I	21
		Posição do suporte das ventosas	I	45

Com a análise de todas as variáveis na matriz causa-efeito, concluiu-se que em cerca de dois terços da matriz, a correlação entre variáveis é nula, o que vai ao encontro do reportado na documentação da empresa. Também, se verificou que a linha possui boa robustez a nível da existência de vários *Poka Yoke* (sistema anti- erro), o que permite anular a relação entre algumas variáveis do processo, como é o caso do *Poka Yoke* existente na montagem da porta, que evita a passagem de dois *stiles* lado a lado, ou seja, dois *stiles* com furação e sem furação, por forma a evitar a montagem incorreta da porta.

Na Tabela 4.8, apresentam-se as dozes variáveis com as taxas de correlação mais elevadas, que se situam nas fases de aplicação de cola branca e quente nos *stiles*, constituindo as etapas do processo em que tem mais influência a satisfação dos requisitos do cliente.

Tabela 4.8 – Conjunto de doze variáveis com taxa de correlação mais elevada.

<b>Etapa do processo</b>	<b>Variável de Entrada</b>	<b>Pontuação Total</b>
Aplicação de cola branca	Manutenção preventiva	354
	Alinhamento do bico com o rasgo	327
	Quantidade de cola	296
	<i>Setup</i>	276
	Manutenção de 1º nível	261
	Altura do bico da pistola ao <i>stile</i>	254
Aplicação de cola quente	Manutenção preventiva	252
	Altura do bico da pistola ao <i>stile</i>	242
	Temperatura de aplicação	236
	Quantidade de cola	231
	Manutenção de 1º nível	206
	Alinhamento do bico com o rasgo	195

#### 4.4. Análise de Modos de Falha e Efeitos

A Análise de Modos de Falha e Efeitos na fase de desenvolvimento de novos produtos, além de prever possíveis falhas do mesmo, auxilia a gerir os riscos associados a falhas potenciais. Na Figura E. 1 do Anexo E apresenta-se o modelo da estrutura utilizada na elaboração do PFMEA (Análise de Modos de Falha e Efeitos do Processo). Usando este modelo, introduziram-se as etapas do processo referentes às variáveis com maior taxa de correlação provenientes da matriz causa-efeito [11]. Em cada etapa do processo, procedeu-se à colocação das variáveis de entrada (*inputs*) de cada etapa, de modo a avaliar o modo potencial de falha (de que maneiras pode a variável de entrada falhar), os efeitos potenciais desta (o impacto nas variáveis chave de saída), as causas potenciais (causas que levam à entrada chave falhar) e os controlos existentes de prevenção e de deteção (controlos e procedimentos que previnem tanto as causas como os modos de falha).

Nesta análise, avaliaram-se três índices: Severidade, Ocorrência e de Deteção. A escala apresentada para cada índice é a que se encontra definida pela empresa, bem como os respetivos critérios.

O indicador de severidade mede o efeito causado por uma determinada falha ao longo do desenvolvimento do produto (mais ou menos severo). Na Tabela 4.9, apresentam-se os critérios para proceder à avaliação do índice.

*Tabela 4.9 – Escala de classificação do indicador de severidade.*

<b>Índice de Severidade (S)</b>	
<b>Alto</b> <b>10</b>	Falha total na produção, tendo um óbvio e sério efeitos ou impacto no produto e/ou no cliente.
<b>Médio</b> <b>8</b>	Falha séria na produção, tendo um claro efeito ou impacto na produção e/ou cliente.
<b>Baixo</b> <b>5</b>	Falha limitada na produção, tendo um efeito pequeno e quase impercetível sobre o produto e/ou o cliente.
<b>Menor</b> <b>3</b>	Pequeno risco de falha na produção, com nenhuma ou não percetível efeito sobre o produto e/ou o cliente.

Para o índice de deteção que reflete a capacidade de identificação das causas potenciais das falhas apresenta-se a Tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Escala de classificação do indicador de deteção.

<b>Índice de Deteção (D)</b>	
Nenhum	Improvável ser detetado por alguém na produção
<b>9</b>	
Menor	Provável ser detetado por alguém, mas não em toda a produção.
<b>7</b>	
Maior	Provável ser detetado pela maior parte da produção
<b>5</b>	
Todos	Facilmente detetado por todos na produção.
<b>3</b>	

Na Tabela 4.11, apresentam-se os critérios referente ao indicador de ocorrência que estima a probabilidade de uma falha acontecer ao longo do processo (mais ou menos provável).

Tabela 4.11 – Escala de classificação do indicador de ocorrência.

<b>Índice de Ocorrência (O)</b>	
Alto	Ocorre com toda a certeza
<b>9</b>	
Médio	Irá ocorrer na produção de tempos a tempos
<b>6</b>	
Baixo	Baixa probabilidade de ocorrer
<b>3</b>	

Uma vez atribuído o índice de severidade tendo em conta o impacto dos efeitos nos requisitos do cliente, o indicador de ocorrência de uma determinada causa, de acordo com a sua frequência e o índice de deteção para cada modo de falha, calcula-se o NPR (Número Prioritário de Risco). O NPR resulta da multiplicação dos três índices:  $S \times D \times O$ . Na Tabela 4.12, apresenta-se a gama de valores possíveis, tal como a respetiva observação.

Tabela 4.12 – Escala para o Número Prioritário de Risco.

<b>Número Prioritário de Risco</b>	
<b>Paragem da produção</b> 405 – 810	O risco envolvido é grande e exige atenção urgente
<b>Crítico</b> 189 – 360	O risco envolvido é considerável e requer atenção imediata
<b>Moderado</b> 105 - 180	A ação do risco envolvido é moderado e são necessárias ações corretivas que podem ser tomadas ao longo de um período de tempo
<b>Aceitável</b> 27 - 90	O risco envolvido é menor e pode ser ignorado.

Na Figura 4.5, o fluxograma apresentado estabelece as diferentes etapas para a elaboração da Análise de Modos de Falha e Efeitos, de acordo com anteriormente referido.

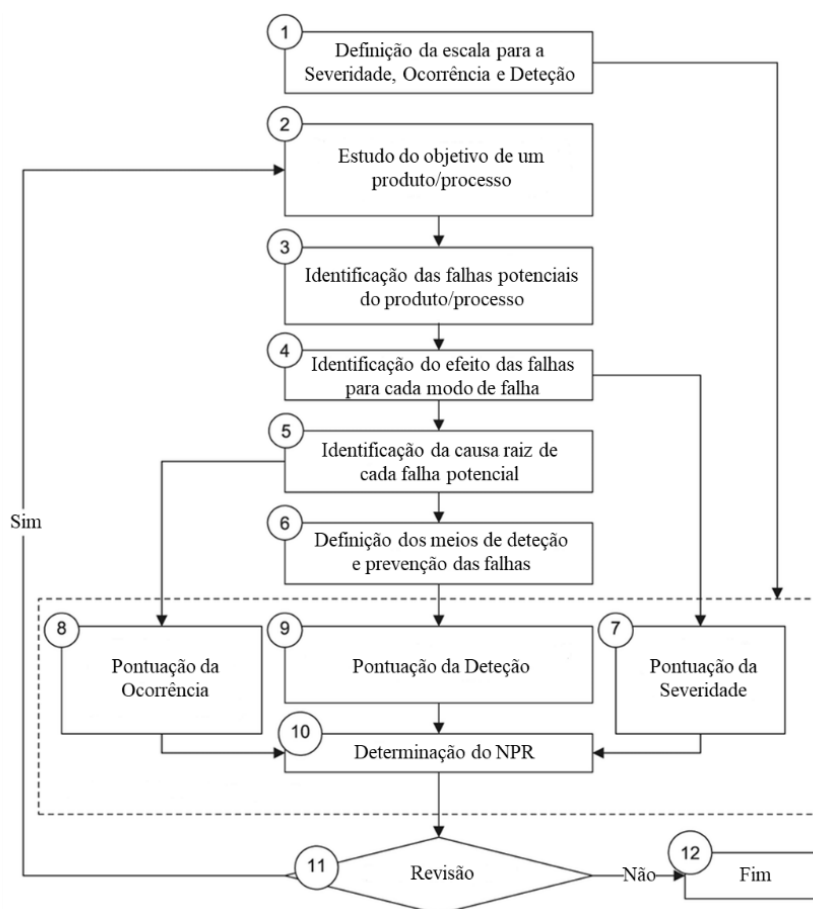


Figura 4.5 – Fluxograma representativo das etapas de uma Análise de Modos de Falha e Efeitos (adaptado de [30]).

#### **4.4.1. Determinação dos Potenciais Modos de Falha, dos Efeitos e das Causas**

De acordo com a metodologia definida, apresenta-se a Análise de Modos de Falha e Efeitos na Figura E. 2 e na Figura E. 3 do Anexo E correspondentes às variáveis envolvidas na aplicação de cola branca e cola quente, respetivamente.

Em relação às variáveis que concernem a manutenção preventiva e de primeiro nível, estas podem falhar de duas formas: pode não ocorrer a sua realização e conseqüente desgaste do equipamento envolvido nesta fase do processo, ou a sua realização incorreta que tem como efeito a danificação no equipamento, apresentando elevada severidade.

A manutenção constitui uma atividade com extrema relevância para a manutenção do ciclo de vida da máquina. As causas que originam a sua falha podem dever-se ao seguimento por parte do operador num procedimento elaborado incorretamente, pela falta de conhecimento da existência dum procedimento ou a negligência por parte deste. Por outro lado, a sua não realização pode dever-se à falta de recursos ou de procedimentos.

Na fase da aplicação de cola, o alinhamento do bico da pistola com o rasgo constitui uma variável crucial no momento em que a pistola debita cola para o rasgo do *stile*.

Porém, este alinhamento pode não existir devido ao desvio da posição relativa do bico da pistola de aplicação de cola ao rasgo, o que conseqüentemente se pode refletir na produção de elementos da porta danificados (*stiles*), fazendo com que a distribuição de cola não ocorra uniformemente ao longo do componente ou até mesmo à ausência de aplicação. Este alinhamento pode ficar comprometido pelo abastecimento de elementos com concavidade (empeno), pelo posicionamento incorreto da pistola, devido ao *setup* incorreto ou do próprio equipamento que poderá estar danificado.

Quanto à quantidade de cola, esta variável pode ficar comprometida pela aplicação superior, inferior ou ausência. Se a quantidade for inferior, terá como impacto a união incompleta dos componentes que constituem a porta, afetando diretamente o desenvolvimento da resistência e, conseqüentemente, comprometendo a segurança da mesma para o cliente, uma vez que, pode desmontar-se. Na situação da quantidade ser superior, terá como efeito a produção de portas com excesso de cola. Porém, este excesso pode ser retirado no momento da inspeção visual sem comprometer a conformidade do produto. Por último, a ausência de cola tem como efeito a desmontagem da porta, tal pode dever-se à falta de cola no reservatório, a falhas mecânicas no circuito ou ao desalinhamento da pistola com o rasgo do *stile*. As causas

potenciais que podem levar à entrada chave (quantidade de cola) falhar podem ser relacionadas com o mau estado do circuito da cola, em virtude da formação de incrustações na tubagem e do estado do filtro existente entre o reservatório de cola e a tubagem do circuito; ao alinhamento incorreto da pistola com o rasgo do *stile*, à pressão incorreta da bomba que envia a cola para o circuito, à seleção do programa errado, uma vez que, dependendo do tipo de porta a produzir a quantidade de cola especificada difere e, por fim, à falta de cola no reservatório.

A variável altura do bico da pistola ao *stile*, encontra-se definida através da configuração do programa implementado na máquina. No entanto, verifica-se com alguma frequência, a necessidade de ajustar manualmente o bico da pistola, que se traduz numa alteração da variável, em consequência da presença de *stiles* com ligeira concavidade (empeno). Contudo, deixando de ocorrer essa situação e se não proceder à correção do ajuste anteriormente efetuado, o valor da altura pode ser superior ou inferior ao ponto de referência. No caso de ser inferior, o bico da pistola conduz à danificação de *stiles* durante o movimento da distribuição da cola. Pelo contrário, sendo superior potencia à formação de fios de cola e à aplicação de quantidade insuficiente.

No que concerne à entrada chave da cola quente, a temperatura de aplicação pode ter como modos de falha, um valor superior ou inferior à gama de temperaturas especificada. Com valor inferior ao recomendado, não ocorre a fusão da cola. Se o seu valor for superior, obtém-se baixa viscosidade devendo-se a avaria no equipamento de aquecimento ou má parametrização da temperatura. Para além disso, o mau isolamento do circuito da cola, desde o reservatório de aquecimento até à pistola e o equipamento encontrar-se desligado constituem fatores para a temperatura ser inferior.

Por último, se o *setup* for incorretamente realizado, conduzirá à produção de produto não conforme, bem como danos no equipamento e nos elementos, por via da seleção do programa errado, por desgaste ou pelo equipamento não estar devidamente calibrado.

#### **4.4.2. Identificação dos Controlos Atuais do Processo**

A verificação da documentação associada à linha de produção, na fase inicial do estágio, constitui uma mais valia, por forma a estar atualizada para a identificação dos controlos do processo.

De acordo com a Figura E. 2 e Figura E. 3 do Anexo E, relativamente aos controlos existentes que previnem tanto as causas, como os modos de falha, pode-se afirmar que existe maior predominância de controlos de deteção, em comparação com os de prevenção.

Em relação aos controlos de deteção, destacam-se as Folhas de Operação Padrão (SOS – *Standard Operating Sheet*), os controlos ocasionais, o *Poka Yoke* de visão artificial, o teste da quantidade de cola e os registos de autocontrolo e de manutenção.

As Folhas de Operação Padrão contêm a descrição das atividades a efetuar na linha no início da laboração, referentes à primeira peça OK, isto é, à produção da primeira porta de acordo com as especificações definidas, neste caso, a quantidade de cola.

Os controlos ocasionais referem-se a atividades pontuais de verificação visual que são realizados durante a produção. Destaca-se ainda, os registos, quer de manutenção, quer de autocontrolo, que visam garantir a validação da manutenção e a avaliação periódica de diversos parâmetros durante o processo, como, por exemplo, a pressão da bomba da cola e respetiva quantidade, de forma a controlá-lo.

Para além dos que foram mencionados anteriormente, a presença de um sistema de visão artificial (*Poka Yoke*) permite avaliar a falha mecânica do circuito da cola pela deteção da presença da mesma no rasgo do *stile*. No caso de ausência, a máquina pára e, conseqüentemente, evita a produção de portas sem cola corretamente aplicada.

Por último, o teste da quantidade de cola, constitui um meio de verificação da cola branca e quente aplicada ao longo do *stile*, de modo a garantir a especificação do produto, conforme a folha de parâmetros do produto a produzir. Este procedimento é definido pela folha de elemento de trabalho (*Work Element Sheet* – WES).

Por outro lado, como meios de prevenção contemplam-se as Folhas de Operação Padrão de manutenção preventiva e de primeiro nível do equipamento envolvente na etapa de aplicação de cola quente e branca, com respetiva periodicidade (mensal, semestral e anual). Um outro meio preventivo assenta na folha de elemento de trabalho referente à limpeza do circuito da cola, WES – Purgar o circuito da cola, que contempla o procedimento detalhado da atividade a realizar e respetiva sequência. De destacar ainda que, após a produção de *stiles*, estes são dispostos conforme se ilustra na Figura 4.6, para minimizarem o empeno que apresentam, resultante das operações a que foram sujeitos só depois sendo direcionados para a alimentação da linha de montagem da porta *Tyssedal Mirror*.



Figura 4.6 – Paletização dos stiles após a sua produção.

#### 4.4.3. Determinação e Análise do Número Prioritário de Risco

Com a atribuição dos índices de severidade, de ocorrência e de deteção, determinou-se o número prioritário de risco, a fim de priorizar os riscos. Na Figura 4.7, apresenta-se a distribuição percentual dos números prioritários de riscos que se obteve durante a análise, pelo que se conclui que 56 % dos modos de falha apresentam valores inferiores ou iguais a 90. Porém, salientam-se algumas situações em que o índice de severidade apresenta elevada gravidade decorrente dos potenciais efeitos do modo potencial de falha que lhe estão associados. No entanto, a sua ocorrência é baixa e a capacidade de deteção dos controlos existentes é robusta, apresentando gama de valores de NPR compreendidos no nível aceitável, ou seja, o risco envolvido é menor e pode ser desprezado, como por exemplo, a manutenção preventiva e de primeiro nível e o *setup*. A redução do nível de severidade é mais difícil de atingir, uma vez que requer alterações no produto, processo ou equipamento.

Assim, pode-se afirmar que os pontos críticos se relacionam com o alinhamento do bico da pistola ao rasgo do *stile*, a altura da pistola em relação ao mesmo, e a quantidade de cola aplicada quer branca quer quente, dado que os valores são superiores ao anteriormente mencionado.

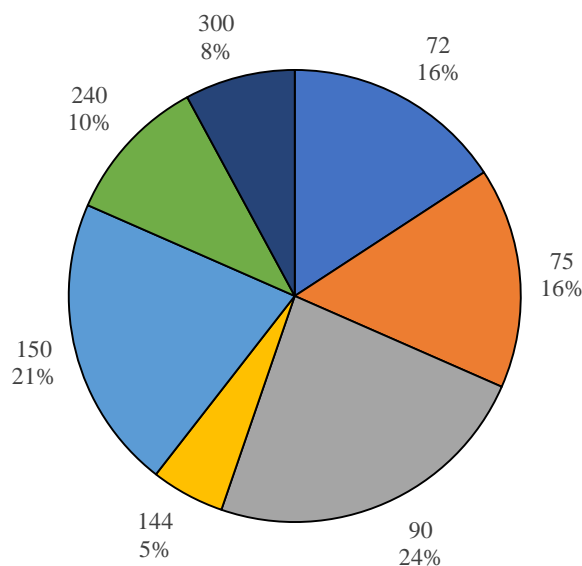


Figura 4.7 – Predominância dos valores do número prioritário de risco com respetiva percentagem.

#### 4.4.4. Definição de Ações Recomendadas

Com a priorização dos riscos, definiram-se ações corretivas através do NPR com vista a reduzir o risco pela redução da ocorrência, por via da eliminação ou controlo das potenciais causas e da redução do índice de deteção através da criação ou melhoria dos sistemas de prevenção ou deteção. Na Tabela 4.13, apresentam-se as ações recomendadas para reduzir a ocorrência da causa ou forma de melhorar a deteção.

Tabela 4.13 – Definição de ações corretivas para reduzir a ocorrência das causas ou melhorar a deteção com conseqüente diminuição do NPR

Entrada Chave do Processo	Ações Recomendadas
Alinhamento do bico com o rasgo	Desenvolvimento de <i>Poka Yoke</i>
Quantidade de Cola	Implementação de CEP; Criação de folha de operação padrão para verificação do nível de cola no reservatório; Acrescentar parâmetro no registo de autocontrolo; Regulador de pressão.
Altura do bico da pistola ao <i>stile</i>	Folha de parâmetros do programa da máquina

Para diminuir o risco associado à etapa de aplicação de cola, há a necessidade de atuar nas variáveis de entrada, referidas como pontos críticos, através do desenvolvimento de ações corretivas.

Uma dessas ações é o desenvolvimento dum *Poka Yoke* baseado num sensor que impede o abastecimento de *stiles* com empeno acentuado, por forma a eliminar o desvio da posição relativa do bico da pistola com o rasgo do *stile*.

Relativamente, à quantidade de cola, existem diversas formas de controlar, eliminar ou minimizar as suas potenciais causas. Por exemplo, a falta de cola no reservatório, quer da cola quente, quer da cola branca, pode ser corrigida através da criação de uma folha de operação padrão com a indicação da frequência e o modo como se deve verificar o nível de cola no reservatório, de forma a tornar o controlo desta mais robusto. Para além disso, a instalação dum regulador de pressão possibilita um valor constante ao longo do circuito de cola, de modo a que a distribuição de cola, ao longo do rasgo do *stile*, seja uniforme, constituindo outra forma de diminuir o risco, isto é, o NPR associado.

Outra ação é a inclusão do parâmetro de verificação do alinhamento do bico com o rasgo no registo de autocontrolo, que possibilita um controlo com frequência definida pelo mesmo, de cerca de uma hora. Esse controlo permite assegurar que a aplicação de cola irá ocorrer corretamente ao longo do rasgo.

A medição da quantidade de cola aplicada não só constitui uma forma de controlo e de verificação do cumprimento das especificações estipuladas pela *IKEA Industry*, como também vai ao encontro das necessidades de abordagem referenciadas da *IKEA*, pelo facto de a colagem constituir um Processo Especial. Como resultado, a recolha destes valores e tratamento dos mesmos por via de cartas de controlo permite avaliar a estabilidade e a capacidade do processo, sendo por isso o controlo estatístico do processo crucial no controlo desta variável e respetivas causas associadas. Esta ação complementa as anteriormente mencionadas. Porém, o atual teste de medição da quantidade de cola aplicada pela pistola não representa de todo as condições de aplicação ao longo do rasgo, uma vez que este consiste na pistola fornecer cola para um recipiente durante 5,0 segundos na mesma posição, enquanto que em laboração a pistola movimenta-se no momento de aplicação ao longo do rasgo do *stile*.

Assim, para a recolha destes dados ser fidedigna deve-se proceder à adaptação do teste às condições de laboração ou à automatização das medições da quantidade de cola aplicada para

garantir a reprodutibilidade e a repetibilidade da mesma, e conseqüente credibilidade ao controlo estatístico do processo.

Por último, quando ocorre o abastecimento de *stiles* com ligeiro empeno, há necessidade de efetuar pequenos ajustes manuais no bico da pistola, de forma a evitar a danificação dos mesmos. Porém, não existe forma de controlo do ajuste que é efetuado em relação ao ponto de referência configurado no programa associado à máquina. No entanto, os colaboradores podem fazer ajustes a alguns parâmetros enquanto que outros estão bloqueados. O desbloqueio do parâmetro referente à altura, possibilita aos operadores ter a perceção do ajuste que é efetuado em relação ao valor de referência, com o auxílio de uma folha de instrução, de forma a executá-lo corretamente esse ajuste.

Definidas as ações recomendadas, há necessidade de proceder à sua implementação com a atribuição de um responsável e do prazo para a sua aplicação. Das atividades referidas, realizaram-se testes à aplicação do regulador de pressão do circuito da cola e da possibilidade de os operadores fazerem ajustes à altura do bico da pistola ao *stile*. Em relação ao primeiro, verificou-se um bom comportamento do sistema com uma distribuição uniforme da cola, ao longo do *stile*, uma vez que o caudal da pistola passou a ser constante. Já ao segundo, a alteração efetuada teve boa receptividade por parte dos operadores. Assim, poder-se-á concluir que estas ações constituem uma oportunidade para a sua implementação definitiva, contribuindo para a diminuição do valor de NPR.

## 5. Atividades Complementares

Durante a fase inicial do estágio, procedeu-se à verificação da documentação associada à linha, bem como à realização de vários quadros de defeitos com vista a auxiliar a formação dos colaboradores sobre análise e sistema de medição aplicado aos produtos produzidos pela *IKEA Industry*.

### 5.1. Standardização

Numa fase inicial do estágio, procedeu-se à verificação de 178 documentos referentes à linha de produção, desde as Folhas de Operação Padrão (*SOS – Standard Operating Sheet*), as Folhas de Elemento de Trabalho (*WES – Work Element Sheet*), Descrições de Lições Ponto a Ponto (*OPL – One Point Lesson*) até às Folhas de Parâmetros.

As Folhas de Operação Padrão contêm informação das atividades a realizar e as respetivas frequências para execução das mesmas. Quanto à Folha de Elemento de Trabalho, estas contemplam o procedimento detalhado duma atividade a realizar e respetiva sequência, enquanto a Folha de Lição Ponto a Ponto informa como se deve reagir perante a ocorrência de problemas decorrente de produção, tais como: portas com fissuras, fita cola solta na máquina de aplicação da fita adesiva.

Por último, a Folha de Parâmetros define os limites do processo dos mesmos, como por exemplo o tempo de prensagem.

Com a análise da documentação, verificou-se que a linha em questão não possuía mapa de autocontrolo em relação às restantes linhas de produção. Assim, sendo procedeu-se à sua elaboração.

O mapa de autocontrolo consiste numa representação física, da documentação relevante e referente à qualidade, ao longo do processo produtivo segmentada nas etapas genéricas permitindo a qualquer colaborador aceder com maior facilidade à documentação referente a cada etapa em questão, conforme se ilustra na Figura F. 1 do Anexo F.

## 5.2. Análise do Sistema de Medição

Para auxiliar a formação da análise do sistema de medição e avaliação dos colaboradores em relação à avaliação dos produtos produzidos, de acordo com os critérios de aceitação definidos pelo Manual da Qualidade, procedeu-se à elaboração dum total de 6 quadros ilustrativos com a definição de 46 esquemas representativos dos critérios e respetivas amostras físicas de cada defeito. A totalidade dos quadros foi repartida em dois para cada produto: *Tyssedal* (portas de armário), *Hemnes Chests* (cômodas) e *Kitchen Fronts* (portas de frentes de cozinha)

Os critérios de aceitação têm por base o lado em que se encontra o defeito, mas também a frequência e visibilidade do mesmo. A classificação das superfícies dum móvel tem por base a norma IOS-PRF-0011, definida pela *IKEA*, em lado A (as partes do móvel sempre visíveis), lado B (partes do móvel visíveis durante a utilização) e lado C (partes do móvel que nunca são visíveis durante normal utilização), conforme se ilustra na Figura 5.1.

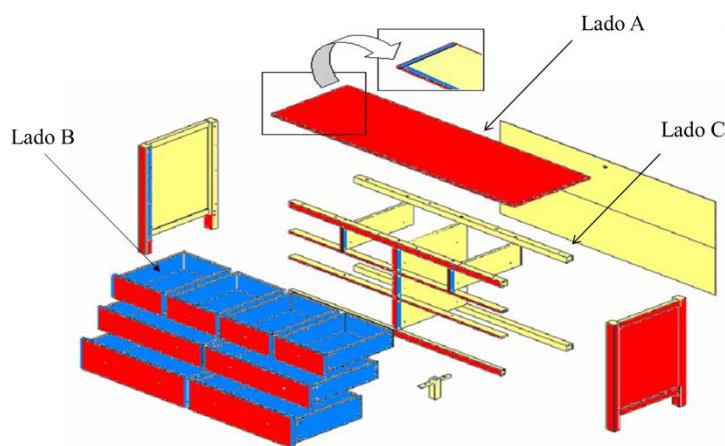


Figura 5.1 – Classificação dos diferentes lados do móvel, de acordo com a norma definida pelo *IKEA*.

Com a análise dos critérios definidos, procedeu-se à elaboração dos *templates* para cada defeito, conforme apresenta a Figura 5.2, a título de exemplo, a *gap* entre os elementos.

Gap na união de componentes	
Lado	Descrição
A	<p><b>Defeito:</b> Gap (folga) &gt; 0,3 mm</p> <p><b>Qualidade Aceitável com Restrições:</b> Gap (folga) &lt; 0,3 mm e não afete a resistência</p>
B	<p><b>Defeito:</b> Gap (folga) &gt; 0,5 mm</p> <p><b>Qualidade Aceitável com Restrições:</b> Gap (folga) &lt; 0,5 mm e não afete a resistência</p>
C	<p><b>Qualidade Aceitável com Restrições:</b> Se não afeta a resistência da união dos componentes</p>

**Defeito** - O produto tem que ser rejeitado, não pode passar para a operação seguinte  
**Qualidade Aceitável com Restrições/Remark** - É permitida a ocorrência. O produto não pode passar para a próxima operação, se a **ocorrência for sistemática**. Assim, passa a ser **Defeito**

Figura 5.2 – Template referente à folga na união dos componentes.

Com a elaboração dos diversos *templates* procedeu-se à recolha de amostras físicas referentes a cada defeito e à respetiva colocação nos quadros, como se ilustra na Figura 5.3.



Figura 5.3 – Representação de alguns dos quadros de defeitos elaborados.



## 6. Conclusões e Perspetivas Futuras

Ao longo do estágio, foram analisadas quatro fases do projeto de implementação do controlo estatístico do processo compreendidas entre a identificação dos parâmetros críticos para a qualidade até à Análise de Modos de Falha e Efeitos.

Durante este projeto efetuou-se a análise exaustiva do processo referente à produção da porta *Tyssedal Mirror* com recurso a diversas ferramentas da qualidade. O desenvolvimento dessas ferramentas foi obtido através dum trabalho contínuo, para além de reuniões de *brainstorming* e análises junto da linha de produção, de forma a recolher a maior quantidade possível de informação para que o projeto pudesse progredir.

Para o desenvolvimento do produto, *Tyssedal Mirror*, identificaram-se 12 parâmetros críticos para a qualidade a terem em consideração no processo, tendo por base os requisitos definidos pelo cliente, com o objetivo de garantirem a satisfação do mesmo, bem como a qualidade do produto.

De forma a facilitar a compressão do processo, elaborou-se o Mapa do Processo associado à montagem da porta, em que se verificou que o processo é constituído por 30 etapas que englobam num total de 304 variáveis, das quais 222 são de entrada (*input*) e 82 de saída (*output*).

A partir da identificação das variáveis, avaliou-se a correlação entre as variáveis de entrada e de saída das etapas do processo, através da Matriz Causa-Efeito, concluindo-se que as 12 variáveis de entrada com maior impacto compreendem as etapas de aplicação de cola quente e cola branca, o que é expectável, uma vez que o processo de colagem constitui um processo especial definido pelo *IKEA*.

Pela Análise de Modos de Falha e Efeitos, das variáveis resultantes da Matriz Causa-Efeito, conclui-se que os pontos críticos, isto é, aqueles que possuem um maior valor de NPR, se relacionam com o alinhamento do bico da pistola ao rasgo do *stile*, a quantidade de cola aplicada, quer branca, quer quente e a altura da pistola em relação ao *stile*. Por forma a reduzir esse valor, procedeu-se à definição de ações recomendadas.

Em relação ao alinhamento do bico da pistola ao rasgo do *stile*, destaca-se o desenvolvimento dum *Poka Yoke* baseado num sensor que impede o abastecimento de *stiles* que apresentem empeno acentuado, evitando o desvio do bico da mesma ao rasgo e prevenindo

efeitos como a danificação dos *stiles* provocada pelo bico da pistola. Porém, esta ação envolve investimento considerável no desenvolvimento do sistema.

As ações recomendadas quer para a cola quente quer para a cola branca são iguais, uma vez que as causas que originam a falha da variável quantidade de cola são as mesmas.

É neste ponto que se deve criar uma folha de operação padrão, com o objetivo de definir a frequência de verificação do nível de cola no reservatório e incluir no registo de autocontrolo da linha a verificação do alinhamento do bico da pistola com o rasgo do *stile*, no decorrer da produção. Também, a instalação do regulador de pressão permite um valor constante, ao longo de todo o circuito da cola, que se traduz num caudal constante de cola na aplicação. Além disso, a implementação do controlo estatístico do processo surge como uma ação complementar. Para tal, é necessário a aquisição de dados da quantidade de cola, no momento de aplicação, através da automatização dessa medição ou através da reformulação do teste da determinação da quantidade desta, já existente, por forma a garantir a reprodutibilidade e a repetibilidade do mesmo. Esta recolha de dados tem como finalidade avaliar a estabilidade e capacidade do processo ao longo do tempo e a investigação das causas que conduzem à variável em questão.

Para a altura da pistola em relação ao *stile*, o desbloqueio do parâmetro da altura associado ao programa da máquina, permite aos colaboradores controlarem o ajuste que necessitam de efetuar no decorrer da produção, quando os *stiles* apresentam empeno dentro do aceitável. A folha de parâmetros auxilia os colaboradores na identificação dos parâmetros que podem efetuar ajustes durante a produção, neste caso, a altura da pistola.

Além do referido, realça-se que a ação relacionada com a variável anteriormente referida já foi testada no decorrer do estágio, apresentando resultados promissores.

A próxima etapa deste projeto assenta na implementação destas ações através da definição de um responsável, com o respetivo prazo de implementação para cada ação e a reavaliação do valor de NPR das melhorias efetuadas. Salienta-se que ainda há um longo caminho a percorrer até à implementação do controlo estatístico do processo, nomeadamente a análise da capacidade e acompanhamento do processo ao longo do tempo.

Ao longo do estágio, foram realizadas atividades complementares como a análise da documentação da linha, com o intuito de estar atualizada durante o estudo do processo e a elaboração de quadros alusivos aos defeitos decorrentes dos componentes produzidos pela fábrica.

Em suma, conclui-se que a empresa se encontra na direção certa para a correta implementação do CEP, sendo que o processo de implementação exigirá tempo e dedicação de todos os intervenientes, dado que se trata de um projeto a longo prazo. Para tal, a constituição de um grupo multidisciplinar, com colaboradores motivados e com conhecimento das ferramentas a aplicar é o ponto de partida para o sucesso do projeto.

Com a realização do estágio, tive a oportunidade de participar numa formação sobre a implementação do controlo estatístico do processo, bem como de me familiarizar com o ambiente empresarial, vivenciando a dinâmica e os desafios constantes dos colaboradores e inerentes à organização, adquirindo competências, não só a nível profissional, o que constituirá uma mais-valia no futuro, bem como a nível pessoal, permitindo-me o conhecimento pragmático do dia a dia de uma empresa.



## Referências Bibliográficas

- [1] R. B. Claro, “Implementação do Controlo Estatístico do Processo numa Indústria de Tintas e Revestimentos,” Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2018, pp. 33-48.
- [2] P. J. Kolesar, “The relevance of research on statistical process control to the total quality movement,” *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 10, pp. 317-338, 1993.
- [3] P. Gejdos, “Continuous Quality Improvement by Statistical Process Control,” *Procedia Economics and Finance*, vol. 34, pp. 565-572, 2015.
- [4] J. Oakland, “Statistical Process Control,” 6<sup>o</sup> ed., Routledge, 2008, pp. 3-120.
- [5] R. Oliveira, “Melhoria do Controlo Estatístico do Processo na Indústria Vidreira,” Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2017, p. 9.
- [6] A. Courtois, M. Pillet e C. Martin, “Gestão da Produção,” 4<sup>o</sup> ed., Lidel, 1997, pp. 289-290.
- [7] A. Griffin e J. Hauser, “The Voice of the Customer,” *Journal Marketing Science*, vol. 12, pp. 1-27, 1991.
- [8] C. C. Aguwa, L. Monplaisir e O. Turgut, “Voice of the customer: Customer satisfaction ratio based analysis,” *Journal Expert Systems with Applications*, vol. 39, pp. 10112-10119, 2012.
- [9] K. N. Kumbar, “Brainstorming technique : Innovative Quality Management Tool for Library,” pp. 1-8, 2018.
- [10] A. S. Silva, C. F. Medeiros e R. K. Vieira, “Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 150, pp. 324-338, 2017.
- [11] R. J. Does, W. A. Schippers e A. Trip, “A framework for implementation of statistical process control,” *International Journal of Quality Science*, vol. 2, pp. 181-198, 1997.
- [12] D. Pavletić e M. Sokovic, “Practical Application of Quality Tools,” *International Journal for Quality Research*, vol. 2, pp. 199-205, 2008.

- [13] J. Antony e T. Taner, “A conceptual framework for the effective implementation of statistical process control,” *Business Process Management Journal*, vol. 9, pp. 473-489, 2003.
- [14] C. Biguelini, S. Bonato, M. Echeveste e C. Werlang, “Gestão de Parâmetros Críticos no Desenvolvimento de Produtos Utilizando Desdobramento da Função Qualidade,” *Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto*, pp. 1-12, 2011.
- [15] G. Montelisciani, D. Gabelloni, G. Fantoni, E. Calgaro e C. Taviani, “Ordering the Chaos: a Guided Translation of Needs into Product Requirements,” *Procedia CIRP*, vol. 21, pp. 403-408, 2014.
- [16] D. Silverstein, P. Samuel e N. DeCarlo, “The Innovator’s toolkit,” 6º ed., Sons, John Wiley &, 2009, pp. 333-371.
- [17] G. A. Brizzi e W. B. Bronzati, “Aplicação de uma Matriz Causa e Efeito em uma Cooperativa Agroindustrial,” *Simpósio de Engenharia de Produção - Perspectivas e Soluções para a Indústria e o Mercado de Trabalho*, pp. 3-6, 2016.
- [18] M. M. Ershadi e M. J. Ershadi, “Implementation of failure modes and effects analysis in detergent production companies: A case study,” *Environmental Quality Management*, vol. 27, pp. 89-95, 2018.
- [19] D. H. Stamatis, “Failure Mode and Effect Analysis,” 6º ed., Quality Press, 2003, pp. 21-127.
- [20] L. S. Lipol e J. Haq, “Risk Analysis Method: FMEA/FMECA in the,” *International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS*, vol. 11, pp. 49-51, 2011.
- [21] S. P. Cruz, “Implementação de uma FMEA no caso de uma luminária.” Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade de Aveiro, 2009, pp. 10-19.
- [22] T. A. Saurin, J. L. Ribeiro e G. Vidor, “A framework for assessing poka-yoke devices,” *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 31, pp. 358-366, 2012.
- [23] A. Zhang, “Quality improvement through Poka-Yoke : from engineering design to information system design,” *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, vol. 8, pp. 147-159, 2014.
- [24] M. MÍKVA, V. Prajová, B. Yakimovich, A. Korshunov e I. Tyurin, “Standardization-one of the tools of continuous improvement,” *Journal Procedia Engineering*, vol. 149, pp. 329-332, 2016.

- [25] C. Saikaew, “An implementation of measurement system analysis for assessment of machine and part variations in turning operation,” *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, vol. 118, pp. 246-252, 2018.
- [26] J. B. Oliveira, R. R. Souto, R. D. Maia, J. A. Meira e V. S. Lima, “Análise da Capacidade de um Processo: um estudo de caso baseado nos indicadores cp e cpk,” em *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Belo Horizonte, 2011.
- [27] G. Arcidiacono e S. Nuzzi, “A review of the fundamentals on process capability, process performance, and process sigma, and an introduction to Process Sigma Split,” *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 12, pp. 4556-4570, 2017.
- [28] P. U. Gonzalez e L. Werner, “Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não-normais,” *Jornal Gestão & Produção*, vol. 16, pp. 121-132, 2009.
- [29] J. Antony, A. Balbontin e M. T. Taner, “Key ingredients for the effective implementation of statistical process control,” *Journal Work Study*, vol. 49, pp. 242-247, 2000.
- [30] K. M. Tay e C. P. Lim, “A guided rule reduction system for prioritization of failures in fuzzy FMEA,” *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 23, pp. 1047-1066, 2006.



**Anexos**

**Anexo A – Layout da Linha 22 de Produção do *Tyssedal Mirror***

Na Figura A. 1, encontra-se a representação da linha de montagem da porta *Tyssedal Mirror* com a apresentação das etapas genéricas do processo e das etapas resultantes da elaboração do mapa do processo (Anexo B).

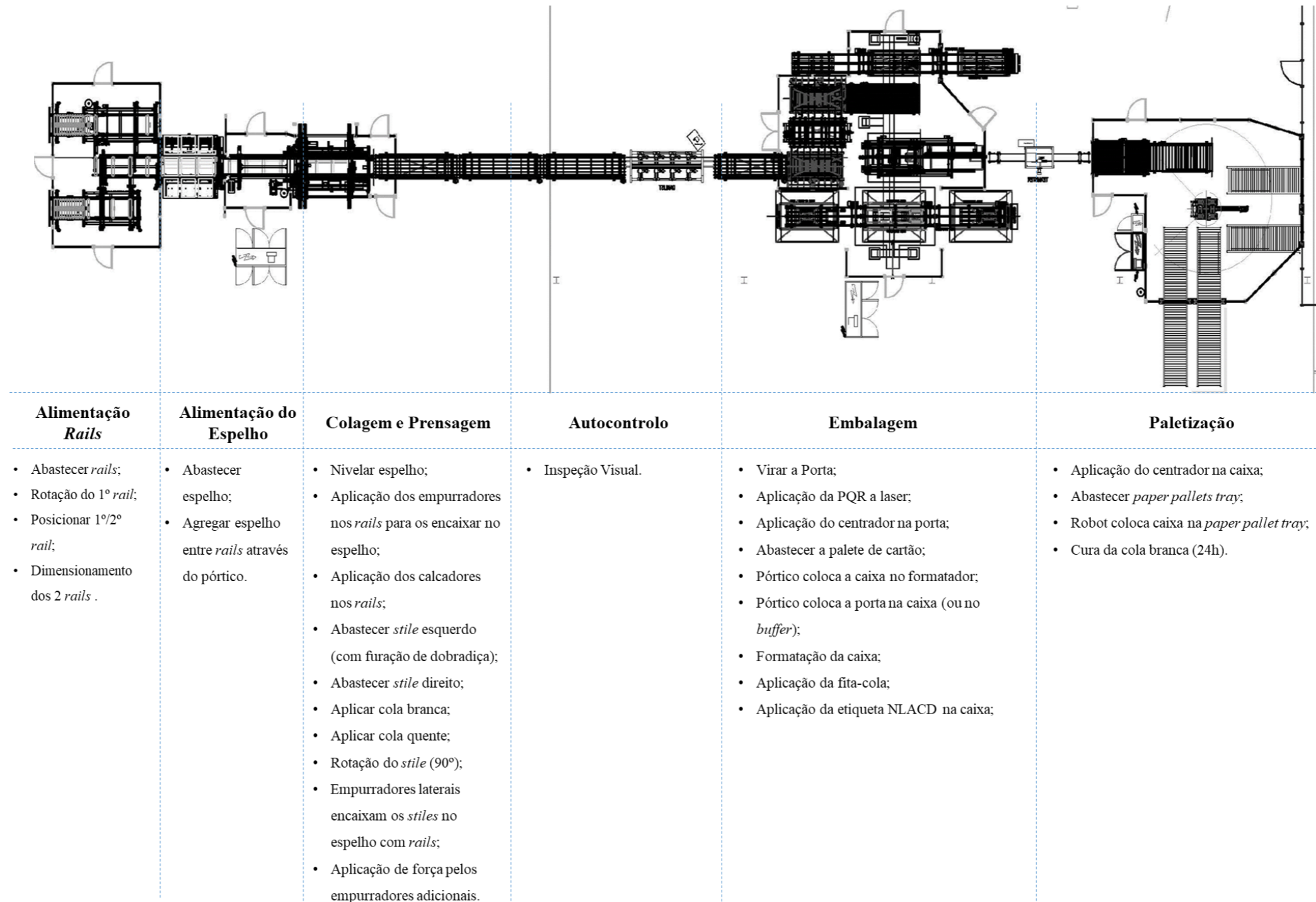


Figura A. 1 – Layout da linha com a divisão das etapas genéricas e o enquadramento das etapas resultantes da elaboração do mapa do processo.

### Anexo B – Identificação dos Parâmetros Críticos para a Qualidade

Na Tabela B. 1 apresenta-se o modelo de recolha de parâmetros críticos para a qualidade com base na documentação preventiva e reativa definida pela *IKEA*

<b>Linha 22 Tyssedal Mirror</b>		Documentação Preventiva								Documentação Reativa		
		Apêndice dos Processos Especiais					IOS-P-0010 Requisitos Gerais de Embalagem	Manual de Qualidade	Testes Mecânicos	Testes Químicos	Não Conformes	Reclamações Internas
CTQ	Caraterísticas de Valor para o Cliente	Requisitos Mínimos	Controlo de Matérias-Primas	Certificado de Análise (CoA)	Folha de Dados Técnicos (TDS)	Esquema do Processo ou Instrução de Aplicação						
✓	Conformidade da superfície							X			X	X
✓	Folga nas juntas							X			X	
✓	Neat & Clean							X				
✓	Degrau							X				
✓	Quantidade de cola branca aplicada	X										
✓	Pressão de prensagem	X										
✓	Tempo de prensagem	X										
✗	Temperatura do substrato	X				N/A						
✓	Tipo/identificação da cola		X	X	X	X						
✗	Número do lote da cola		X	X								
✗	Prazo de validade da cola		X									
✗	Viscosidade da cola (ISO 2555)			X	X							
✗	Densidade da cola				X							
✗	pH da cola				X							
✗	Conteúdo sólido da cola				X							
✗	Classe de durabilidade da cola (EN 204 para adesivos de madeira)				X							
✗	Tempo de vida da cola disponível				X	N/A						
✗	Tempo de cura da cola					N/A						
✗	Tempo de montagem					X						
✗	Condições climáticas em produção (humidade, temperatura)					X						
✗	Tempo de condicionamento antes do elemento chegar à próxima operação					N/A						
✗	Velocidade de linha (quando aplicável)					X						
✓	Resistência à carga vertical de portas								X			
✓	Resistência à carga horizontal de portas								X			
✓	Concavidade da porta											X
✓	Identificação do artigo										X	

Tabela B. 1 – Modelo de recolha de parâmetros críticos para qualidade



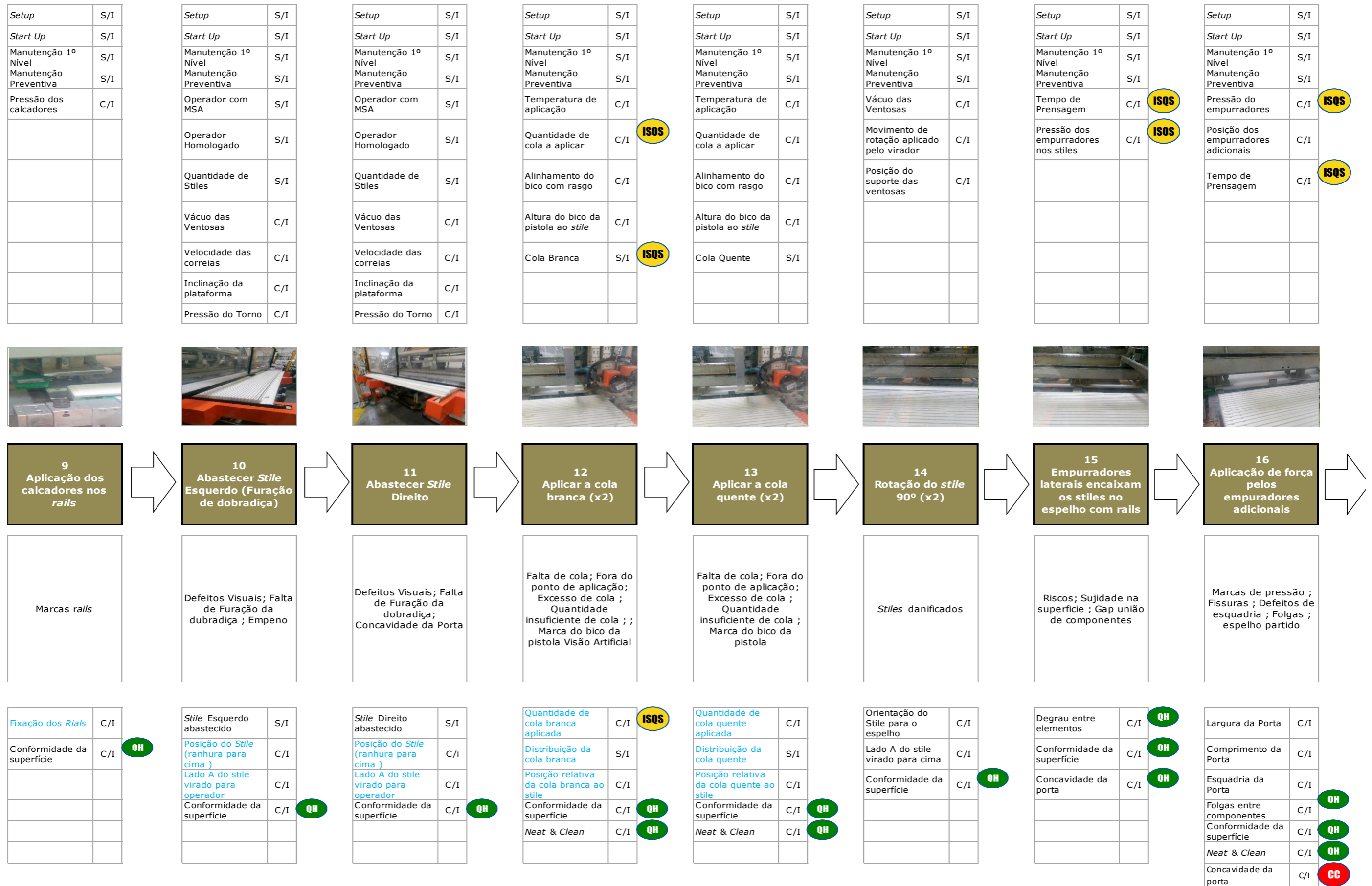


Figura C. 2 – Mapa do Processo da linha de montagem do Tyssedal Mirror

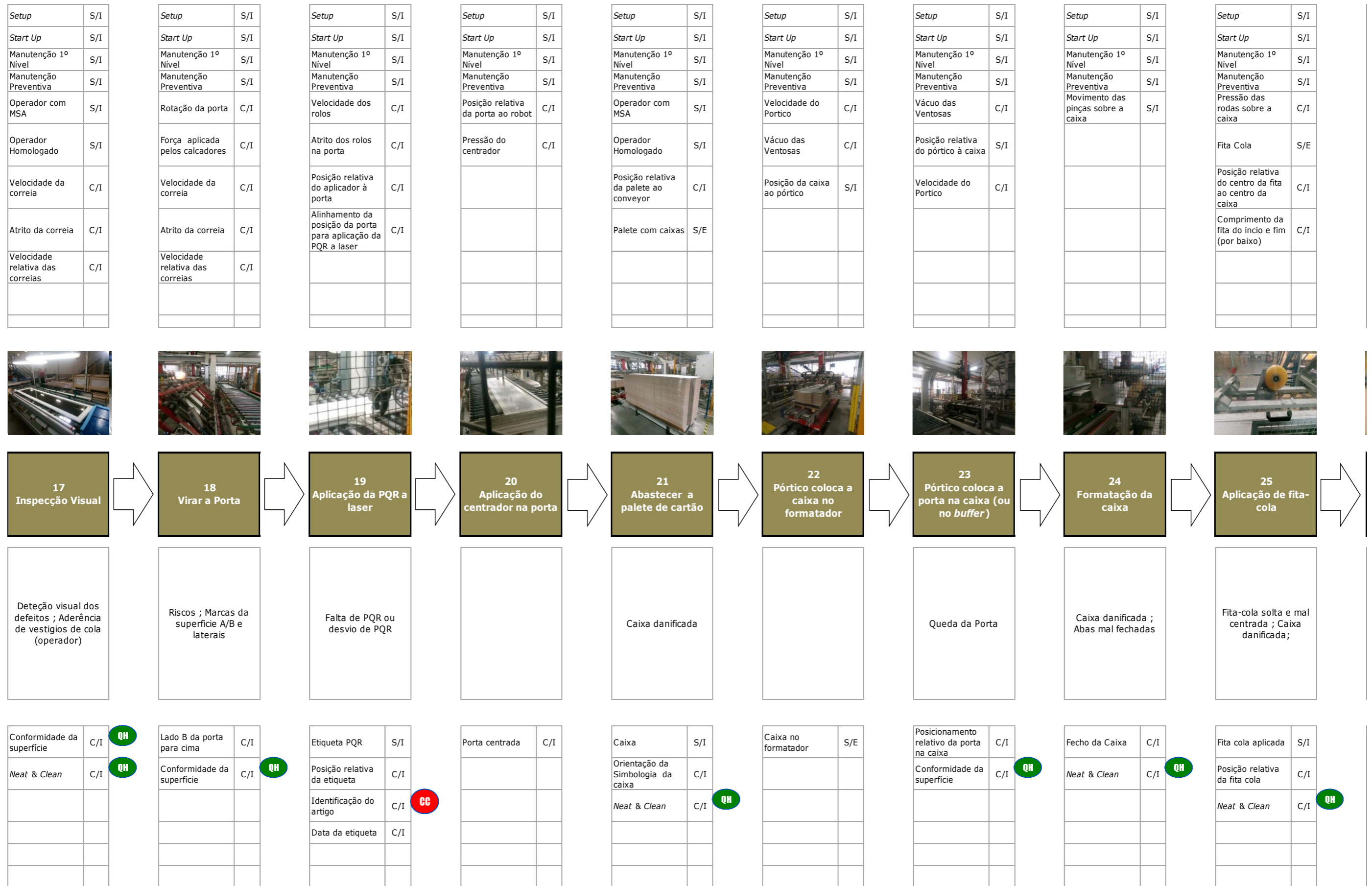


Figura C. 3 – Mapa do Processo da linha de montagem do Tyssedal Mirror.

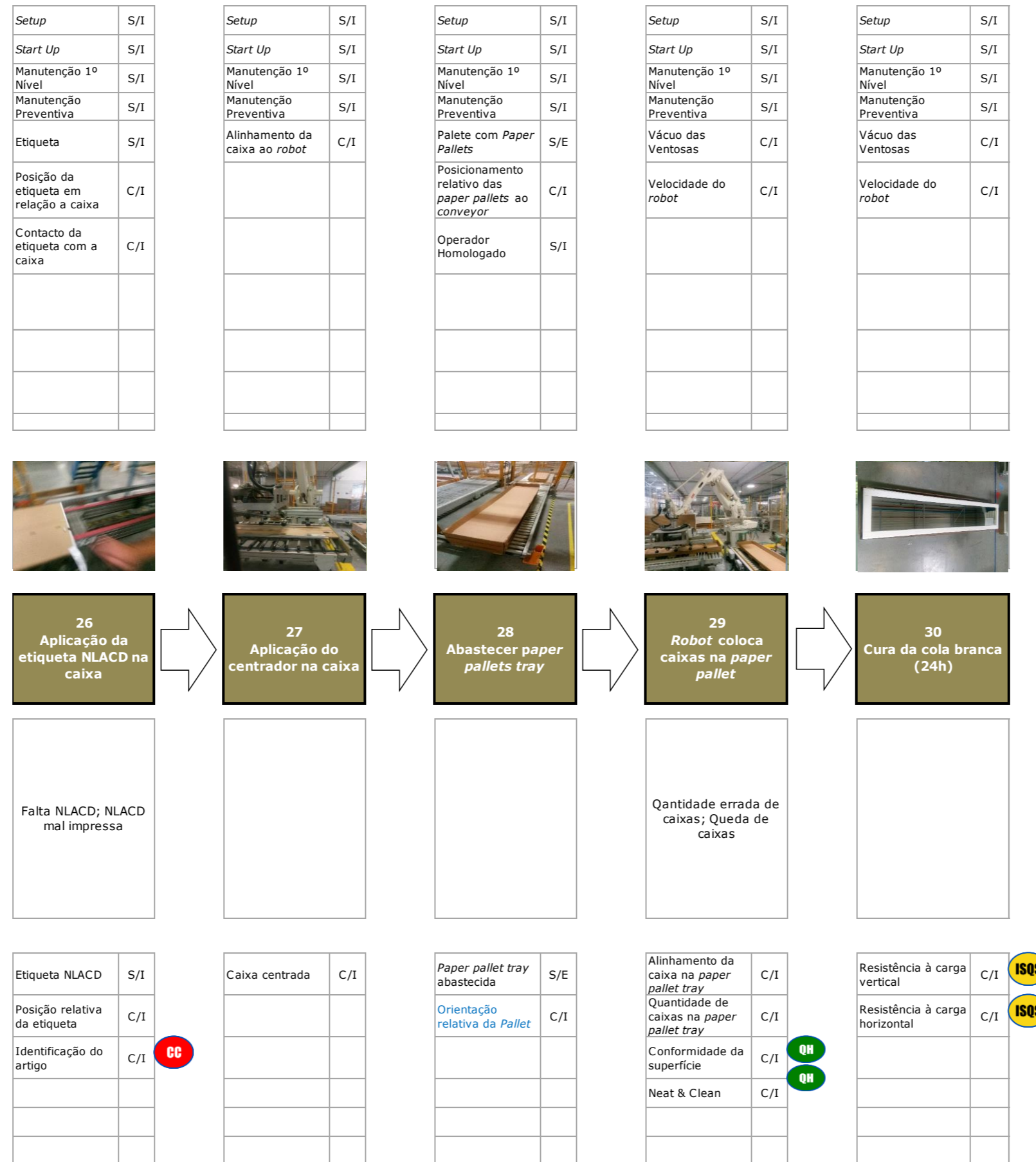


Figura C. 4 – Mapa do Processo da linha de montagem do Tyssedal Mirror.

**Anexo D – Matriz Causa-Efeito**

Na Figura D. 1 apresenta-se o modelo da Matriz Causa-Efeito utilizado para a análise de correlação entre as variáveis do processo.

1 Requisitos do cliente

QH CC ISQS

				Matriz Causa-Efeito									
2 Grau de importância para o cliente				1	2	3	4	5	6	7	8	9	8
3 Output do processo													Pontuação Total
	4 Etapa do processo	5 Input do processo	6 I/E										
1	4	5	6										0
2													0
3													0
4													0
5													0
6													0
7						7							0
8													0
9													0
10													0
11													0
12													0
13													0
14													0
15													0
16													0

Figura D. 1 – Estrutura da Matriz Causa-Efeito.

Sendo que a numeração indicada na Figura D. 1 refere-se ao seguinte:

1. Requisitos do cliente – Lista-se o requisito do cliente (*output*) 1 por coluna se assim se verificar;
2. Grau de importância para o cliente – Atribuição de pontuação numa escala compreendida entre 1 e 10;
3. *Output* do processo – Colocação de uma variável de saída por cada coluna;
4. Etapa do processo – Identificação de todas as etapas do processo que fazem parte do mapa de processo;
5. *Input* do processo – Identificação das variáveis de entrada (*input*) presentes no mapa de processo;
6. Classificação da variável – Caracterização de cada *input* como internas ou externas;
7. Taxa de correlação – Pontuação de correlação resultante do produto da classificação de correlação e do grau de importância para o cliente;
8. Pontuação total – Somatório de todas as taxas de correlação em cada linha

A Tabela D. 1 ilustra os resultados obtidos na atribuição do grau de importância para o cliente das variáveis de saída do processo.

*Tabela D. 1 – Valores atribuídos do grau de importância para o cliente das variáveis de saída do processo.*

<b>Grau de Importância para o Cliente</b>	<b>Variáveis de Saída</b>
1	Posição do <i>rails</i>
	Distância entre <i>rails</i>
	Orientação relativa da <i>pallet</i>
	Alinhamento da caixa na <i>paper pallet tray</i>
2	<i>Rail</i> orientado com o rasgo para a linha
	<i>Rail</i> com o lado A virado para cima
	Orientação do rasgo do 1º <i>rail</i>
	Lado A do espelho virado para cima
	Posição do <i>stile</i> (ranhura para cima)
	Lado B da porta para cima
	Caixa
	Porta centrada
3	Orientação da simbologia na caixa
	Nivelamento do espelho
	Inserção dos <i>rails</i> no espelho
	Fixação dos <i>rails</i>
	Lado A do <i>stile</i> virado para o operador
	Lado A do <i>stile</i> virado para cima
	Largura da porta
	Etiqueta PQR
	Data da etiqueta
	Posicionamento relativo da porta na caixa
<i>Paper pallet tray</i>	
4	Distribuição da cola quente
	Orientação do <i>stile</i> para o espelho
	Comprimento da porta
	Posição relativa da etiqueta

	<i>Rail com dowels</i>
	Esquadria da porta
5	Fita cola aplicada
	Posição relativa da etiqueta
	Quantidade de caixas na <i>paper pallet tray</i>
	Quantidade de cola quente
6	Posição relativa da cola quente ao <i>stile</i>
	Degrau entre elementos
	Fecho da caixa
7	Etiqueta NLACD
	Conformidade da superfície
	Espelho abastecido
	<i>Stile</i> esquerdo abastecido
	<i>Stile</i> direito abastecido
8	Distribuição da cola branca
	Posição relativa da cola branca ao <i>stile</i>
	Concavidade da porta
	Folgas entre componentes
	Identificação do artigo
	Posição relativa da fita-cola
	<i>Neat &amp; Clean</i>
9	Resistência à carga vertical
	Resistência à carga horizontal
10	Quantidade de cola branca

**Anexo E – Análise de Modos de Falha e Efeitos do Processo (PFMEA)**

Na Figura E. 1 apresenta-se a estrutura do PFMEA utilizado na análise das variáveis críticas do processo. Os resultados obtidos dessa análise encontram-se na Figura E. 2 e Figura E. 3.

Descrição do processo	Entrada Chave do Processo	Potencial Modo de Falha	Potenciais Efeitos de Falha	SEVERIDADE	Potenciais Causas	OCORRÊNCIA	Controlos Atuais do Processo		DETEÇÃO	NPR	Ações Recomendadas
							Deteção	Prevenção			
Qual é o passo do processo?	Qual é a entrada Chave do Processo?	De que maneiras pode a entrada chave falhar?	Qual é o impacto nas variáveis chave de saída ou exigências internas?	Gravidade do efeito	O que causa a entrada chave falhar?	Frequência de ocorrência das causas ou modos de falha	Quais são os controlos e procedimentos existentes que previnem tanto as causas como os modos de falha?		Qual a probabilidade de deteção na produção?	Priorizar	Quais são as ações para reduzir a ocorrência da causa ou melhorar a deteção?

Figura E. 1 – Linhas orientadoras para a elaboração do PFMEA.

Descrição do processo / produto	Entrada Chave do Processo / Funções do produto	Potencial Modo de Falha	Potencial Efeito de Falha	SEVERIDADE	Potenciais Causas	OCORRÊNCIA	Controlos Atuais do Processo		DETEÇÃO	NPR	Ações Recomendadas	
							Deteção	Prevenção				
Aplicar Cola Branca	Manutenção Preventiva	Não ocorre a sua realização	Desgaste do equipamento (bicos, tubos, circuito da cola)	8	Inexistência de standard / procedimento Inexistência de recursos	3	Controlo ocasional	Programa que emite alerta para a manutenção	3	72		
		Realização incorrecta	Danificação do equipamento	10	Procedimento errado Incumprimento do procedimento por desconhecimento Negligência por parte do operador	3		SOS - Máquina de Colar - Tarefa Mensal, Semestral e Anual Programa que emite alerta para a manutenção	3	90		
	Alinhamento do bico com o rasgo	Desvio da posição relativa do bico com o rasgo	Elementos da porta danificados (stiles)	Empeno dos stiles	8		6		Folha de Paletização		144	Desenvolvimento de Poka Yoke
			Distribuição da cola não uniforme Ausência de aplicação de cola	Pistola mal posicionada devido a setup incorrecto Pistola mal posicionada devido a equipamento danificado	10		3	SOS - 1ª peça OK - Autocontrolo Registo de autocontrolo		3	90	
	Quantidade de cola branca	Quantidade de cola inferior	União dos componentes que formam a porta não é feita correctamente	Alinhamento incorrecto da pistola com o rasgo do stile	8	Mau estado do circuito da cola	3	SOS - 1ª peça OK - Autocontrolo WES - Teste da Quantidade de Cola	WES - Purgar circuito bombas de cola	3	72	Implementação de CEP
			Porta não adquire a resistência pretendida podendo desmontar-se	Pressão incorrecta da bomba	10	Seleção do programa errado	3	Registo de Autocontrolo WES - Teste da Quantidade de Cola	Folha de verificação do programa	5	150	Regulador de pressão e implementação de CEP
		Quantidade de cola superior	Portas com excesso de cola	Pressão incorrecta da bomba	Seleção do programa errado	5	3	Registo de Autocontrolo WES - Teste da Quantidade de Cola	Folha de verificação do programa	5	75	Implementação de CEP
				Inexistência de cola	Falta de cola no reservatório Desalinhamento da pistola com o rasgo do stile Falha mecânica do circuito da cola	10	3	3	Controlo ocasional Poke Yoke - Visão Artificial		5	300
		Manutenção 1º Nivel	Não é realizado Realização incorrecta	Desgaste do equipamento (bicos, tubos, circuito da cola) Danificação do equipamento	Não existe standard / procedimento Inexistência de recursos	5	3	Controlo ocasional		5	75	
					Procedimento errado Incumprimento do procedimento por desconhecimento Negligência por parte do operador	10	3	Registo da manutenção	SOS - Máquina de Colar - Tarefa Turno	3	90	
	Altura do bico da pistola ao stile	Altura inferior	Danificação dos stiles	8		6					240	
		Altura superior	Formação de fios de cola Quantidade insuficiente de cola aplicada	5 10	Ajuste manual do bico da pistola					5	150 300	Folha de parâmetros do programa da máquina
	Setup	Incorrectamente efetuado	Produção de produto não conforme Danos nos componentes Danos no equipamento	10	Seleção do programa errado Equipamento com desgaste Equipamento descalibrado	3	3	WES - Teste da quantidade de cola SOS - Manutenção de equipamentos	Folha de verificação do programa	3	90	

Figura E. 2 – Análise de Modos de Falha e Efeitos da etapa de aplicação de cola branca (à base de copolímeros de etileno e de acetato de vinilo).

Descrição do processo / produto	Entrada Chave do Processo / Funções do produto	Potencial Modo de Falha	Potencial Efeito de Falha	S E V E R I D A D E	Potenciais Causas	O C O R R E N C I A	Controlos Atuais do Processo		D E T E C T A D O	N P R	Acções Recomendadas		
							Deteção	Prevenção					
Aplicar Cola Quente	Manutenção Preventiva	Não é realizado	Desgaste do equipamento (bicos, tubos, circuito da cola)	8	Não existe standard / procedimento Inexistência de recursos	3	Controlo ocasional	Programa que emite alerta para a manutenção	3	72			
		Realização incorrecta	Danificação do equipamento	10	Procedimento errado Incumprimento do procedimento por desconhecimento Negligência por parte do operador	3		SOS - Máquina de Colar - Tarefa Mensal, Semestral e Anual Programa que emite alerta para a manutenção	3	90			
	Altura do bico da pistola ao stile	Altura inferior	Danificação dos stiles	8		6				5	240 150 300	Folha de parâmetros do programa da máquina	
		Formação de fios de cola	5	Ajuste manual do bico da pistola									
		Altura superior	10	Quantidade insuficiente de cola aplicada									
	Temperatura de aplicação	Temperatura inferior	Não ocorre a fusão da cola	8	Mau isolamento do circuito Avaria no equipamento onde ocorre a fusão Equipamento desligado Má parametrização da temperatura do equipamento	3	Controlo ocasional	SOS - Manutenção Preventiva - Tarefa Semanal	3	72			
		Temperatura superior	Baixa viscosidade da cola	8	Má parametrização da temperatura do equipamento Avaria no equipamento onde ocorre a fusão	3	Controlo ocasional	SOS - Manutenção Preventiva - Tarefa Semanal	3	72			
	Quantidade de cola	Quantidade de cola inferior	União dos componentes que formam a porta não é feita correctamente Porta não adquire a resistência pretendida podendo desmontar-se	8	Mau estado do circuito da cola Alinhamento incorrecto da pistola com o rasgo do stile	3	Controlo ocasional	WES - Purgar circuito da cola	3	72	5	240 150	Implementação de CEP Acréscimo de parâmetro no registo de autocontrolo e implementação de CEP Regulador de pressão e implementação de CEP
		Quantidade de cola superior	Portas com excesso de cola	5	Pressão incorrecta da bomba Seleção do programa errado	3	WES - Teste da Quantidade de Cola Registo de autocontrolo	5	75	75	5	150	Implementação de CEP
		Inexistência de cola	Porta desmontar-se	10	Falha de cola no reservatório Desalinhamento da pistola com o rasgo do stile Falha mecânica do circuito da cola	3	Controlo ocasional	5	150	90	3	90	Criação de SOS de verificação do nível de cola do reservatório e implementação de CEP Acréscimo de parâmetro no registo de autocontrolo e implementação de CEP Implementação de CEP
	Manutenção de 1º Nível	Realização incorrecta	Danificação do equipamento	10	Procedimento errado Incumprimento do procedimento por desconhecimento Negligência por parte do operador	3	Registo da manutenção	SOS - Máquina de Colar - Tarefa Turno	3	90			
Alinhamento do bico com o rasgo	Desvio da posição relativa do bico com o rasgo	Elementos da porta danificados (stiles)	8	Empeno dos stiles	6		Procedimento de paletização		144	Criação de Poka Yoke			
		Distribuição da cola não uniforme	10	Pistola mal posicionada devido a setup incorrecto	3	SOS - 1ª peça OK - Autocontrolo		3	90				
		Ausência de aplicação de cola		Pistola mal posicionada devido a equipamento danificado									

Figura E. 3 – Análise de Modos de Falha e Efeitos da etapa de aplicação de cola quente (à base de copolímeros de butadieno e de estireno).

## Anexo F – Mapa de Autocontrolo

Na Figura F. 1 ilustra-se o Mapa de Autocontrolo adotado para a linha de montagem da porta *Tyssedal* e *Tyssedal Mirror*, com base na documentação relativa à qualidade.

<b>Mapa de Autocontrolo</b>					
Model / machine : 948022 - Tyssedal/Tyssedal Mirror					
①	②	③	④	⑤	⑥
<b>1- Feed Rails</b>	<b>2- Colocação dos fillings /vidro</b>	<b>3-Colagem e Prensagem</b>	<b>4- Autocontrolo</b>	<b>5-Embalagem</b>	<b>6-Paletização</b>
	SOS - 30317	SOS - 30317 SOS - 30313 SOS - 30314 SOS - 30318	SOS - 30317 SOS - 30313 SOS - 30314 SOS - 30318		SOS - 30316 SOS - 30315
<b>Abastecer Rails</b> WES - 32622	<b>Abastecer Filings ou Espelho</b> WES - 32621	<b>Quantidade de cola</b> WES - 30424	▲ Registo Manual da Inspeção Visual		<b>Validar caixa produzida</b> WES - 30421
	<b>Inpeção Espelho</b> WES - 76128	<b>Visão Artificial</b> WES - 30423  <b>Erros Visão Artificial</b> WES - 30422  <b>Quantidade de Cola</b> WES - 30419			<b>Retirar caixas embaladas</b> WES - 42365
<b> Rails com dowels</b> OPL - 43122	<b>Má montagem da porta</b> OPL - 47647	<b>Portas com fissuras</b> OPL - 47644  <b>Gap entre componentes</b> OPL - 47645  <b>Portas com folgas</b> OPL - 47682  <b>Portas com excesso de cola</b> OPL - 47680  <b>Pistolas de cola fora de posição</b> OPL - 47650  <b>Portas com cola quente do lado A e B</b> OPL - 47648  <b>Bicos de cola entupidos</b> OPL - 47659  <b>Stiles fora da localização</b> OPL - 44912	<b>Portas com fissuras</b> OPL - 47644  <b>Gap entre componentes</b> OPL - 47645  <b>Portas com folgas</b> OPL - 47682  <b>Portas com excesso de cola</b> OPL - 47680  <b>Portas com cola quente do lado A e B</b> OPL - 47648	<b>Fita cola solta da enftadora</b> OPL - 47662  <b>Abastecer bases</b> OPL - 43142	

Figura F. 1 – Mapa de Autocontrolo elaborado para a linha de montagem da porta com base na documentação.