



**JULIANA ROCHA
ALVES DA SILVA**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *DMAIC* A UMA
LINHA DE PRODUÇÃO DE CARTÃO CANELADO**



**JULIANA ROCHA
ALVES DA SILVA**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *DMAIC* A UMA
LINHA DE PRODUÇÃO DE CARTÃO CANELADO**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Prof. Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira, Professor Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho aos meus pais e à minha irmã.

o júri

presidente

Prof.^a Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof.^a Doutora Maria Teresa do Valle Moura Costa
Professora Adjunta do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Prof. Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

A todos os que contribuíram direta ou indiretamente para que a realização deste trabalho fosse de facto possível.

Em primeiro lugar aos meus pais, Maria e Américo, e à minha irmã, Cristiana pois sem vocês, sem o vosso sacrifício e paciência nunca poderia ter tido a oportunidade de desenvolver um trabalho como este.

Ao meu Professor e Orientador Luís Miguel Ferreira por ter acreditado e apoiado a minha causa desde início.

À Fábrica de Cartão e Papel da Zarrinha, S.A. por me ter acolhido neste projeto, em especial ao Eng^o França, Eng^a Mónica, Eng^o Albino e D. Ana.

Às minhas Amigas e Amigos do coração por todo o carinho, auxílio e inspiração.

A todos os colegas e professores que me acompanharam e influenciaram positivamente durante este percurso académico.

palavras-chave

Seis-sigma, ciclo DMAIC, cartão canelado

resumo

O presente trabalho resultou da realização de um estágio curricular na empresa Fábrica de Papel e Cartão da Zarrinha, S.A.. O trabalho incide sobre a aplicação da metodologia *DMAIC* da abordagem Seis-Sigma a uma linha de produção de cartão canelado, mais especificamente a um tipo de não conformidade do mesmo, denominado por cartão com *Warp* (ou cartão com empeno). Através desta aplicação, foi possível encontrar as principais causas-raíz do problema em questão e delinear possíveis ações de melhoria para solucionar o mesmo. Durante a implementação desta metodologia foram utilizadas várias ferramentas de qualidade que permitiram uma melhor gestão e tratamento da informação de forma a agilizar alguns processos também como a comunicação interna. Sob a forma de resultados, além de se testemunhar a diminuição de placas e embalagens de cartão com *warp*, conseguiu-se também a sensibilização dos vários departamentos para a problemática em questão e, principalmente, para a utilização e consciencialização da metodologia Seis-Sigma e dos seus benefícios.

keywords

Six-Sigma, DMAIC cycle, corrugated cardboard

abstract

This paper is the result of the realization of a traineeship in the company Fábrica de Papel e Cartão da Zarrinha S.A.. The paper focuses on the implementation of the DMAIC methodology of the Six Sigma approach to a corrugated cardboard production line, namely to a nonconformity type, called cardboard with Warp. By implementing this methodology, it was possible to find the main root causes of the problem and to sketch possible courses of action of improvement. Several quality tools were used during the implementation of this methodology, thus allowing better management and treatment of information, in order to hasten some processes (such as internal communication). The results of this project were, in a way, the diminishing number of cardboard and cardboard boxes with warp, but mainly the raising of awareness in various departments towards this matter and even more importantly, towards the use of the Six-Sigma methodology and its benefits.

ÍNDICE

1 Introdução	1
2 Enquadramento Teórico	3
2.1 Seis-Sigma	3
2.1.1 Desafios na implementação organizacional de Seis-Sigma	3
2.2 Ciclo <i>DMAIC</i>	7
2.2.1 Exemplos Práticos	12
2.3 Principais conclusões	16
3 Caso de Estudo	17
3.1 Controlo da Qualidade	18
3.1.1 Contexto da Empresa	19
3.2 Metodologia <i>DMAIC</i>	24
3.2.1 Fase Definir (<i>Define</i>)	25
3.2.2 Fase Medir (<i>Measure</i>)	30
3.2.3 Fase Analisar (<i>Analyze</i>)	33
3.2.4 Fase Melhorar (<i>Improve</i>)	40
3.2.5 Fase Controlar (<i>Control</i>)	52
4 Conclusão	59
5 Referências Bibliográficas	61
Anexos	63
Anexo I - Apresentação da Empresa	64
Anexo II - Metodologia <i>DMAIC</i>	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Framework</i> de implementação de Seis-Sigma numa PME	5
Figura 2 Ciclo <i>DMAIC</i>	8
Figura 3 Fase Definir (Tenera e Pinto. 2014)	9
Figura 4 Fase Medir (Tenera e Pinto. 2014)	10
Figura 5 Fase Analisar (Tenera e Pinto. 2014)	10
Figura 6 Fase Melhorar (Tenera e Pinto. 2014)	11
Figura 7 Fase Controlar (Tenera e Pinto. 2014)	11
Figura 8 Árvore crítica da qualidade	26

Figura 9 Diagrama SIPOC	28
Figura 10 Cronograma do projeto	29
Figura 11 Diagrama causa-efeito para a problemática do cartão com <i>Warp</i>	33
Figura 12 Cálculo do grau de <i>Warp</i>	49
Figura 13 Tabela de controlo de % de <i>Warp</i> na área Caneladora	49
Figura 14 Régua de medição de <i>Warp</i>	50
Figura 15 Vista da área fabril	66
Figura 16 Organigrama da Fábrica de Papel e Cartão da Zarrinha, S.A.	67
Figura 17 Fluxo produtivo da empresa.....	68
Figura 18 Vista inicial da Caneladora.....	69
Figura 19 Tipos de cartão canelado.....	70
Figura 20 Paletes de pranchas de cartão canelado	71
Figura 21 Cartão canelado simples face	71
Figura 22 Canelura E	72
Figura 23 Canelura B.....	72
Figura 24 Canelura C.....	72
Figura 25 Canelura BC	73
Figura 26 Canelura EB.....	73
Figura 27 Canelura BCA	73
Figura 28 Fluxo das pranchas de cartão canelado.....	74
Figura 29 Régua inicial de medição de % <i>Warp</i>	77
Figura 30 Template de registo de bobines não conforme	80
Figura 31 Template da ferramenta <i>FMEA</i> utilizada	82

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Benefícios e poupanças da abordagem Seis-Sigma no sector de fabrico (McClusky, R (2000)).....	7
Tabela 2 Descrição do ciclo <i>DMAIC</i> (Adaptado de McClusky, 2000).....	8
Tabela 3 Exemplo de ferramentas utilizadas nas fases do ciclo <i>DMAIC</i>	11
Tabela 4 Casos práticos da aplicação da metodologia <i>DMAIC</i> nas organizações.....	14
Tabela 5 Testes/Ensaios de controlo de qualidade ao cartão canelado	18
Tabela 6 Testes/Ensaios de controlo de qualidade realizados na empresa.....	19
Tabela 7 Descrição das não-conformidades consideradas na empresa	21
Tabela 8 Ferramenta <i>5W2H</i> aplicada ao problema inicial.....	25

Tabela 9 Objetivos do projeto.....	29
Tabela 10 Percentagem de reclamações por cartão com <i>Warp</i> em 2013 e 2014.....	32
Tabela 11 Causas eliminadas na primeira etapa do processo de validação	34
Tabela 12 Priorização das causas-raíz.....	35
Tabela 13 Correlação entre ações de manutenção e produção de cartão com <i>Warp</i>	37
Tabela 14 Plano de Ação inicial	41
Tabela 15 Validação das soluções iniciais propostas	43
Tabela 16 Ações em curso/não implementadas	44
Tabela 17 Tabela de verificação do valor de $f_{m\acute{a}x}$ permitido no processo de decisão ..	51
Tabela 18 Demonstração do critério de aceitação de percentagem de <i>Warp</i>	50
Tabela 19 Evolução da percentagem de reclamações devido ao <i>Warp</i>	54
Tabela 20 Evolução da percentagem de devoluções devido ao <i>Warp</i>	55
Tabela 21 <i>Check-Point</i> dos objetivos iniciais do projeto	56
Tabela 22 Tipos de papel utilizados na produção de cartão canelado.....	69
Tabela 23 Características de cartão duplo	72
Tabela 24 Características de cartão duplo-duplo.....	73
Tabela 25 Características de cartão triplo	73
Tabela 26 Funcionalidades das máquinas de transformação	75
Tabela 27 Testes/Ensaio de controlo de qualidade ao papel e respetiva descrição..	76
Tabela 28 <i>Template</i> do Plano de Ação.....	79
Tabela 29 Cálculo imediato da percentagem de <i>Warp</i>	81

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Percentagem de cartão não-conforme produzido na Caneladora	26
Gráfico 2 Ordenação das origens das não conformidades à saída da Caneladora em 2014.	27
Gráfico 3 Percentagem de cartão com <i>Warp</i> à saída da Caneladora em 2014.....	28
Gráfico 4 Percentagem de paragens no sector da Transformação (por causa).....	30
Gráfico 5 Distribuição percentual das não-conformidades registadas em 2014	31
Gráfico 6 Distribuição de registos de <i>Warp</i> por máquina transformadora.....	31
Gráfico 7 Percentagem de devoluções de cartão com <i>Warp</i> nos meses de 2014.....	32
Gráfico 8 Diagrama de Pareto das causas-raíz.....	35
Gráfico 9 Ações de manutenção na Caneladora no ano de 2014	37

Gráfico 10 Análise das não conformidades registadas devido a incorreto funcionamento do equipamento.....	47
Gráfico 11 Identificação das causas de registos de não conformidade relacionadas com o equipamento	48
Gráfico 12 Re-cálculo da produção de cartão com <i>Warp</i>	52
Gráfico 13 Re-cálculo do produto não conforme detetado (por tipo)	53
Gráfico 14 Re-cálculo das causas de paragens do setor da Transformação.....	53
Gráfico 15 Re-cálculo da percentagem de paragens por <i>Warp</i> (2015).....	54
Gráfico 16 Percentagem de reclamações devido ao <i>Warp</i> (2015)	54
Gráfico 17 Percentagem de devoluções devido ao <i>Warp</i> (2015)	55

Glossário

DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Implement, Control*

DPMO – Defeito por um milhão de oportunidades

PME – Pequena e Média Empresa

OEM - *Original Equipment Manufacturer* (Fabricante de Equipamento Original)

VoC – *Voice of Customer* (Voz do Cliente)

1. INTRODUÇÃO

Na economia de hoje todos procuram formas de sustentar ou aumentar a rentabilidade dos seus negócios sem investimentos dispendiosos em material ou outras vertentes necessárias. (Nichols 2010). Para Reuchheld (1989), a satisfação do cliente é muito importante para o sucesso do negócio tendo em conta que um elevado nível de satisfação do cliente leva a um alto nível de fidelização do mesmo. Dessa forma, o cliente cria maiores hipóteses de repetir a compra do produto, aumentando assim as receitas para a empresa.

Para Girardier (1998), o progresso de um negócio está diretamente relacionado com a melhoria contínua que é conseguida através da adoção e do desenvolvimento de melhores práticas combinadas com inovação. Um forte desempenho de melhoria contínua é caracterizado por um ambiente dinâmico e aberto a sugestões, uma abordagem sistemática para o acompanhamento e elaboração de relatórios, pela facilitação da aprendizagem individual, pela participação dos trabalhadores na identificação dos problemas e pelo compromisso de toda a empresa (Granerud e Rocha, 2011).

Na luta pela melhoria contínua numa organização e conseqüente satisfação do cliente, a diminuição de defeitos do produto remete-nos para a redução da variabilidade dos processos. *Seis-Sigma* é uma metodologia bem estruturada que se concentra na redução da variabilidade, na medição de defeitos e na melhoria da qualidade dos produtos, processos e serviços (Lee e Wei, 2009).

A Fábrica de Papel e Cartão da Zarrinha, S.A. tem tido um papel bastante relevante na indústria nacional de cartão canelado. Testemunhou uma enorme evolução tecnológica nos últimos anos e, como tal, necessita de acompanhar esse crescimento de forma sustentável. De acordo com as aprendizagens adquiridas durante a Licenciatura e Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, a aplicação da abordagem *Seis-Sigma* configura-se como a mais apropriada para o projeto em si e estado atual do sector de produção. Com a implementação da metodologia *DMAIC* (*Define, Measure, Analyze,*

Improve, Control) pretende-se reduzir a ocorrência de defeitos durante a produção de cartão cancelado, reduzindo a variabilidade do processo.

O projeto em estudo surgiu da iniciativa da empresa em aplicar ferramentas de melhoria contínua nos seus processos diários. Dessa forma, este trabalho tem como principal objetivo a redução da produção de cartão cancelado não conforme através da aplicação da metodologia *DMAIC* da abordagem *Seis-Sigma*.

O relatório apresenta-se estruturado em três principais partes. Na primeira parte, designada por Enquadramento Teórico, fundamentar-se-á teoricamente algumas informações apresentadas posteriormente. Este segmento será dividido em dois essenciais sectores: o primeiro referente à abordagem *Seis-Sigma* utilizada fazendo referência a estratégias de implementação da mesma numa organização; a segunda referente à metodologia *DMAIC* aplicada ao caso de estudo do estágio. Seguidamente apresentar-se-á o Caso de Estudo que se encontra dividido à semelhança da metodologia utilizada: 1) Fase Definir; 2) Fase Medir; 3) Fase Analisar; 4) Fase Melhorar; 5) Fase Controlar. Por fim, expor-se-ão os resultados obtidos e discutir-se-ão as principais conclusões retiradas do projeto.

2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Tendo em consideração os objetivos do relatório, este capítulo debruçar-se-á sobre o enquadramento de conceitos teóricos relacionados com as metodologias implementadas no projeto. Primeiramente fazer-se-á referência à abordagem Seis-Sigma utilizada no combate a não conformidades que ocorrem durante os processos produtivos numa indústria. De seguida, serão apresentados conceitos referentes à metodologia *DMAIC* aplicada, bem como o seguimento de cada uma das suas etapas na estruturação do problema. Será dado enfoque aos desafios e vantagens inerentes à implementação desta metodologia numa organização, tendo sido este um projeto piloto na empresa. Serão apresentados casos práticos da aplicação metodológica em questão e, por fim, uma breve referência às principais conclusões deste capítulo.

2.1 SEIS SIGMA

O conhecimento tem sido reconhecido como o recurso-chave da sobrevivência do negócio e do sucesso na economia do conhecimento (Lin et al., 2012), sendo dinâmico e encontrando-se constantemente em mudança e evolução (Hoegl et al., 2005). Parte desse conhecimento empresarial encontra-se diretamente relacionado com o encontro de novos e melhores métodos de trabalho. A necessidade de acompanhar as metodologias e ferramentas utilizadas por empresas altamente produtivas e eficientes está cada vez mais relacionada com a escolha por abordagens e filosofias como o *Seis-Sigma*.

A metodologia Seis-Sigma, uma estratégia de qualidade focada no cliente e orientada pela informação, é uma metodologia rigorosa e sistemática que utiliza informação recolhida e análises estatísticas para medir e melhorar o desempenho (Lin et al., 2012). A filosofia do Seis-Sigma defende a execução de um processo dentro dos seus limites de modo a não ocorrerem defeitos (Lin et al., 2012). Pode ser considerada uma estratégia de negócio que ajuda as organizações a melhorarem as suas operações, aumentarem a qualidade e eliminarem defeitos, incrementando dessa forma o lucro (Raghunath e Jayathirtha, 2014). A abordagem Seis-Sigma é diferente de outros métodos de qualidade tendo em conta que exige uma análise detalhada, decisões baseadas em factos e um plano de controlo para garantir o acompanhamento contínuo da qualidade dos processos (Markarian, 2004).

A principal ciência desta metodologia centra-se na identificação de defeitos e a sua consequente eliminação até um valor inferior a 3,4 defeitos por um milhão de oportunidades (< 3,4 DPMO) (Raghunath e Jayathirtha, 2014), sendo este o valor de Seis-Sigma (6σ).

2.1.1 DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO ORGANIZACIONAL DE SEIS-SIGMA

Apesar de todas as vantagens inerentes à incorporação da filosofia Seis Sigma, existe ainda alguma resistência por parte das empresas na sua aplicação devido a variados fatores. Raghunath e Jayathirtha (2014) realizaram um estudo para tentarem perceber as razões por detrás da implementação (ou não) deste tipo de abordagem no seio organizacional. Primeiramente, detetaram que uma das principais razões para as empresas de pequena dimensão não optarem por esta linha de pensamento, deve-se ao facto de não a acharem praticável numa dimensão organizacional mais reduzida, isto é, associam esta filosofia a grandes investimentos financeiros e humanos que são paradigmaticamente apenas aliados a grandes empresas (em especial OEM - *Original Equipment Manufacturer*).

Por outro lado, são cinco as principais razões que levam as organizações a adotarem as metodologias Seis-Sigma, nomeadamente:

- Para criar uma melhor imagem do seu produto/serviço;
- Para resolver problemas crónicos;
- Para melhorar a *bottom-line* da empresa;
- Para se tornar numa organização de classe mundial;
- Para atingir a excelência operacional.

Além das vantagens anteriormente referidas, também o retorno financeiro (*payback*) atrai muitas empresas a entrarem nesta jornada. Devem, no entanto, ter especial atenção a todas as etapas, desde a implementação até à manutenção. Kumar *et al* (2011) desenvolveram uma *framework* de implementação de Seis-Sigma que serve como um guia para as Pequenas e Médias Empresas (PMEs) de forma a garantir uma experiência sustentável a longo prazo para a organização e para a filosofia em si.



Figura 1: Framework de implementação de Seis-Sigma numa PME (Kumar, M. et al (2011))

A *framework* apresentada na Figura 1 divide o processo nas seguintes cinco principais etapas:

- Etapa 0 – Prontidão para Seis-Sigma: etapa onde é calculado o índice de aptidão da PME para a implementação da metodologia. Este índice é baseado em critérios como o foco no cliente, liderança na organização, medição e processos, sistemas e controlo e gestão de pessoas. É considerada uma fase preventiva.
- Etapa 1 – Preparação: fase que ajuda a empresa a perceber o que a mudança irá requerer da organização, essencialmente da gestão sénior, em questões de tempo e recursos. Esta etapa começa com a identificação da necessidade de mudar e a justificação para a sua iniciação. De seguida, tenta garantir o comprometimento e uma forte liderança da gestão de topo, terminando com a sua educação e formação relativamente à abordagem a implementar.
- Etapa 2 – Iniciação: aqui é necessário identificar e treinar as pessoas mais adequadas para serem os pioneiros na mudança. Posteriormente deve-se detetar os principais *bottlenecks* processuais da empresa e definir um projeto piloto para arrancar.
- Etapa 3 – Institucionalização: esta fase envolve o desenvolvimento da cultura Seis-Sigma dentro da organização. Inicia-se com a celebração e reconhecimento do sucesso dos projetos piloto e dos elementos abrangidos; faz-se seguir da elaboração de um plano de formação contínuo (longo prazo) que envolva todos os colaboradores da organização de modo à educação ser sustentável; por fim, através da análise de dados, estabelecer métodos e métricas que permitam a

medicação do progresso da abordagem no seio empresarial. O estudo de Arumugan et al. (2012) esclarece que o suporte técnico (formação) facultado a uma equipa quando aliado às suas boas práticas sociais (círculo de trabalho onde se evidencia segurança psicológica) promove a criação de conhecimento e, por sua vez, um impacto positivo sobre o desempenho do projeto.

- Etapa 4 – Sustentabilidade: esta etapa pretende certificar que os benefícios e o conhecimento gerados a partir de projetos Seis-Sigma são sustentados numa base a longo-prazo. Primeiramente existe o comprometimento com uma ideologia de melhoria contínua; posteriormente apura-se a ligação da abordagem Seis-Sigma à motivação e participação dos operadores na construção de novas soluções e melhorias constantes; por fim, progredir para uma organização de aprendizagem, organização essa que aspira continuamente pelo alcance do objetivo comum da equipa, substitui os constantes processos padronizados por formas inovadoras de pensar.

Na *framework* de implementação da metodologia Seis-Sigma numa PME, é ainda feita alusão à importância de uma comunicação e liderança efetivas, desde a gestão de topo até à base colaborativa, não só para garantir o alinhamento motivacional das estratégias e operações diárias, mas também para assegurar uma cultura o mais transparente possível, com orientação para a solução e luta contínua pela excelência.

Um dos aspetos debatidos acima vai de encontro ao comprometimento e compreensão requeridos por todos os colaboradores na mudança da cultura organizacional na incorporação da filosofia Seis-Sigma. Organizações sem uma compreensão total sobre os obstáculos dos projetos de Seis-Sigma ou um plano abrangente de gestão de mudanças, tendem a falhar (Kwak e Anbari, 2006). Na maior parte das vezes, este é um dos fatores mais desafiantes no processo de implementação. A adaptação a uma nova prática está dependente do grau de fidelidade que se tem à prática original (Ansari et al., 2010), o que está também diretamente relacionado com a cultura da própria organização.

Segundo Mohelska e Sokolova (2014), a cultura organizacional afeta não só os colaboradores como também os processos empresariais. Pode ser definida como o pensamento coletivo, hábitos, atitudes, sentimentos e padrões de comportamento (Clemente e Greenspan, 1999), sendo influenciada por fatores como o setor de operação da empresa, localização geográfica, historial de eventos, personalidade da gestão e dos colaboradores e os padrões de interação (Moheska e Sokolova, 2014).

Passadas as barreiras iniciais, os benefícios da implementação de uma metodologia como esta são bastante notórios. Esta abordagem permite suportar melhor o

direcionamento estratégico das organizações, clarificando as necessidades de *coaching*, *mentoring* e formação, complementando ainda perspectivas de negócio (Kwak e Anbari, 2006). A Tabela 1, apresentada por Kwak e Anbari (2006), expõe alguns casos de mais-valias conseguidas, nomeadamente financeiras e processuais, através da implementação da metodologia Seis-Sigma no sector industrial.

Tabela 1: Benefícios e poupanças da abordagem Seis-Sigma no sector de fabrico (McClusky, R (2000))

Empresa/Projecto	Métrica/Medida	Benefícios/Poupanças
Motorola (1992)	Nível de defeitos em processo	Redução em 150 vezes
Raytheon/Sistemas de integração de aeronaves	Tempo de inspeção de depósito de manutenção	Redução de 88% como medido em dias
GE/Negócio de arrendamento ferroviário	Tempo de resposta em lojas de reparo	Redução em 62%
Allied Signal (Honeywell) / Fábrica de laminados no Estado de Carolina do Sul	Capacidade/Tempo de Ciclo/Inventário/Entrega atempada	Aumento de 50%/Redução em 50%/Redução em 50%/Aumento aproximado de 100%
Allied Signal (Honeywell) / Pastilhas de freio Bendix IQ	Tempo de ciclo do conceito ao expedição	Redução de 18 para 8 meses
Grupo de sistemas de mísseis aéreos da Hughes/ operações de soldadura por onda	Qualidade/Produtividade	Melhoria em 1000%/Melhoria em 500%
General electric	Financeira	\$2 biliões em 1999
Motorola (1999)	Financeira	\$15 biliões passados 11 anos
Dow Chemical / Projeto de construção de caminhos-de-ferro	Financeira	Poupança de \$2.45 milhões em despesas de capital
DuPont/Fábrica de Yerkes em Nova Iorque (2000)	Financeira	Poupança superior a \$25 milhões
Telefonica de espana (2001)	Financeira	Poupança e aumento de receitas em 30€ milhões nos primeiros 10 meses
Instrumentos Texas	Financeira	\$600 milhões
Johnson and Johnson	Financeira	\$500 milhões
Honeywell	Financeira	\$1.2 biliões

Seis-Sigma é uma abordagem sistemática, orientada por dados, auxiliando-se em várias ferramentas sendo uma delas o ciclo *DMAIC*. Esta foi a ferramenta utilizada durante o projeto e no capítulo seguinte será apresentado o enquadramento teórico referente à mesma.

2.2 CICLO *DMAIC*

Para a implementação da abordagem Seis-Sigma pode ser implementado um sistema de cinco etapas conhecido como ciclo *DMAIC* (Mason et al.. 2014). Este sistema permite identificar e eliminar os parâmetros que afetam a eficiência de um determinado processo (Srinivasan, K..2014). Segundo Kwak e Anbari (2006), o ciclo *DMAIC* é um processo de *loop* fechado que elimina etapas improdutivas, focando-se frequentemente em novas medições e aplicando tecnologia para a melhoria contínua. Para Lin et al. (2012) esta metodologia permite melhorar continuamente a eficiência e a recuperação do conhecimento.

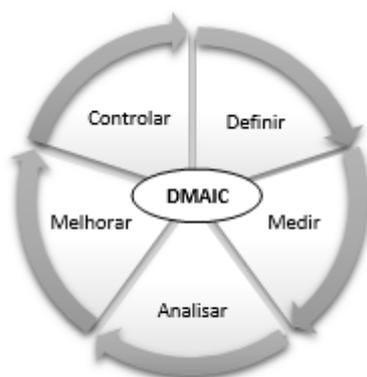


Figura 2: Ciclo *DMAIC*

Srinivasan et al. (2014) utilizaram no seu estudo o ciclo *DMAIC* que deriva do ciclo de melhoria de *Deming* ou seja *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) e que se divide em cinco etapas (Figura 2):

1. Definir (Define)
2. Medir (Measure)
3. Analisar (Analyze)
4. Melhorar (Improve)
5. Controlar (Control),

Este visa melhorar a qualidade e a rentabilidade, baseando-se em métodos estatísticos e foco no cliente (Athmane et al., 2013). Os processos-chave gerais de cada uma das etapas pode ser observado na seguinte tabela (Tabela 2), elaborada por Kwak e Anbari (2006) (Adaptado de McClusky, 2000):

Tabela 2: Descrição do ciclo *DMAIC* (Adaptado de McClusky, 2000)

Passos Seis-Sigma	Processos-chave
Definir	Definir os requisitos e expectativas do cliente Definir os limites do projecto Definir o processo pelo mapeamento do fluxo de negócio
Medir	Medir o processo para satisfazer as necessidades do cliente Desenvolver um plano de recolha de dados Recolher e comparar dados para ddeterminar problemas e deficiências
Analisar	Analisar as causas de defeito e as fontes de variação Determinar as variações no processo Priorizar oportunidades para melhoria futura
Melhorar	Melhorar o processo para eliminar variações Desenvolver alternativas criativas e implementar o plano de melhoria
Controlar	Variações do processo de controlo para atender às necessidades do cliente Desenvolver uma estratégia para monitorizar e controlar o processo de melhoria Implementar as melhorias de sistemas e infraestruturas

Para melhor compreender cada uma das etapas, segue-se a visão de alguns autores relativamente a esta abordagem tendo como a referência um caso prático da aplicação da mesma à indústria do cartão cancelado.

Definir (*Define*)

A fase de Definição corresponde ao início da abordagem de *DMAIC* clássica (Tenera, A., Pinto, L.. 2014). O mesmo autor defende que nesta fase é identificado o principal problema detetado, são estabelecidos os objetivos iniciais tendo como base dados históricos da empresa aliados à perspetiva do cliente, identificando por fim os processos essenciais associados e a estrutura da equipa que irá trabalhar na resolução do problema apresentado. Para Ismail *et al.* (2013), esta etapa consiste na identificação das metas e dos objetivos do projeto; na definição das responsabilidades e tarefas da equipa coordenadora pelo mesmo, incluindo o cliente; e na definição dos limites do projeto incluindo os produtos e processos a serem analisados.

Nesta etapa é altamente recomendada a atenção à Voz do Cliente (*VoC – Voice of the Customer*) onde nos é dada a sua perceção e as suas necessidades (Barjaktarovic, L., Jecmenica, D.. 2011). Esta sub-etapa é denotada na visão da fase Definir por parte de Tenera e Pinto (2014) como mostra a Figura 3.

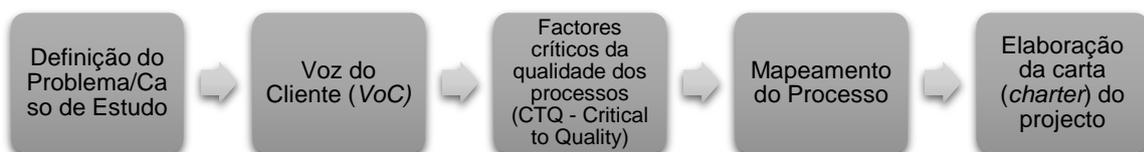


Figura 3: Fase Definir segundo Tenera e Pinto (2014)

Medir (*Measure*)

A segunda fase da metodologia passa por medir a variabilidade do sistema que pode criar desperdício (Bunce *et al.* 2008). Segundo Cheng e Chang (2012), o objetivo desta etapa passa por compreender e documentar o estado atual dos processos a serem melhorados. Esta avaliação do panorama situacional surge da recolha de dados com o intuito de validar e quantificar o problema em si (Ismail *et al.* 2012). Tal é denotado na visão da fase Medir por parte de Tenera e Pinto (2014) como mostra a Figura 4.

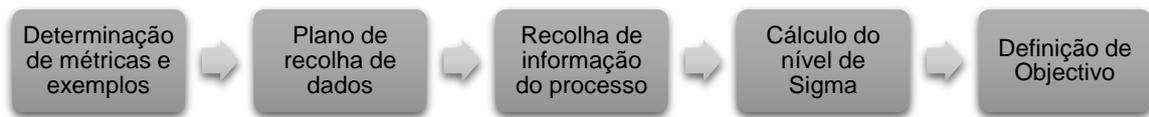


Figura 4: Fase Medir segundo Tenera e Pinto (2014)

Analisar (*Analyze*)

A terceira etapa tenciona analisar em minúcia o processo/problema em questão suportando-se num largo grupo de métodos e ferramentas (Tenera, A., Pinto, L.. 2014). Passa por encontrar principais causas-raíz ao entrar em detalhe, reforçando a sua compreensão do processo e detetando a principal origem do problema (Lin et al. 2012). Para Barjaktarovic e Jecmenica (2011), a etapa Analisar consiste na identificação, validação e quantificação do problema em que algumas categorias de causas de problemas passam por métodos, materiais, equipamentos, medidas entre outros. O *flow* da fase Analisar é exposta por Tenera e Pinto (2014) como mostra a Figura 5.

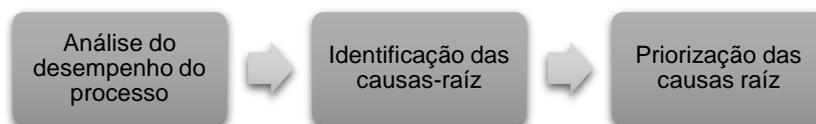


Figura 5: Fase Analisar segundo Tenera e Pinto (2014)

Melhorar (*Improve*)

As causas-raíz delineadas na etapa anterior necessitam de ser tratadas e portanto é a etapa Melhorar que fica responsável por identificar potenciais soluções também como prioriza-las através do uso de ferramentas de *Seis-Sigma* (Tenera e Pinto. 2014). Para Barjaktarovic e Jecmenica (2011), esta fase inclui a identificação e teste das soluções propostas, tendo em consideração os custos e benefícios da implementação de cada uma dessas soluções conseguindo dessa forma identificar a melhor opção. O alinhamento da fase Analisar é defendida por parte de Tenera e Pinto (2014) consoante mostra a Figura 6.

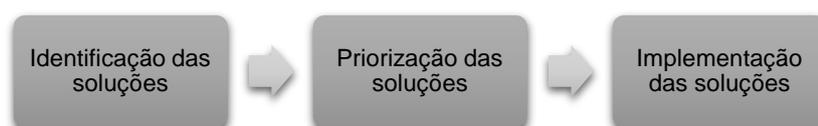


Figura 6: Fase Melhorar segundo Tenera e Pinto (2014)

Controlar (Control)

A última etapa propõe a implementação de uma abordagem e ferramentas de controlo para obter resultados de melhoria sistemáticos numa base contínua (Tenera e Pinto, 2014). Para Lin *et al* (2012), a etapa Controlar assegura um impacto a longo prazo na forma como as pessoas na organização trabalham ao desenvolver um processo de monitorização que mantém o acompanhamento às mudanças que foram estabelecidas e criadas. Segundo Barjaktarovic e Jecmenica (2011) esta fase impede o retorno do processo original (antigo) tendo ainda um papel crucial na transmissão dos resultados de sucesso do projeto aos funcionários para estes os usarem no seu trabalho diário, garantindo maior apoio para à gestão em implementações futuras e comunicação interna. A visão desta etapa segundo Tenera e Pinto (2014) é visível na Figura 7.



Figura 7: Fase Controlar segundo Tenera e Pinto (2014)

Tal como tem vindo a ser apresentado ao longo do enquadramento teórico, a metodologia *DMAIC* caracteriza-se pela utilização de variadas ferramentas consoante a fase em que se insere e aquilo que é pretendido (Tabela 3).

Tabela 3: Exemplo de ferramentas utilizadas nas fases do ciclo *DMAIC*

Definir	Medir	Analisar	Melhorar	Controlar
<i>Project Charter</i>	Plano de recolha de dados	Diagrama causa-efeito	<i>Brainstorming</i>	Plano de controlo
<i>VSM (Value Stream Mapping)</i>	Gráficos de barras	Matriz de prioridades	Simulação	Reuniões
Diagrama SIPOC	Análise de medição de sistema	Diagrama de Pareto	Plano de Implementação	Documentação de irregularidades
Mapeamento do Processo	Métrica de Seis-Sigma	Correlação	FMEA	
<i>VoC (Voice of the Client)</i>		Teste de Hipóteses		
Diagrama de Pareto		Histograma		
5W2H				

Apesar de por vezes envolver tempo e alguns investimentos, a aplicação desta metodologia permite aumentar a produtividade nas empresas, reduzindo a variabilidade dos processos e diminuindo o número de produtos não conforme.

A inclusão das etapas do ciclo *DMAIC* num determinado projeto é um auxílio para os gestores de projeto se tornarem não só mais eficazes, mas também para alcançarem resultados inovadores (Rever, 2010). Para o mesmo autor, algumas das vantagens na utilização desta ferramenta passam por:

- Fomentação de conhecimento estatístico de processos adequados para melhor compreender e melhorar os resultados futuros;
- Um conjunto de ferramentas para a melhoria de processos;
- Decisões baseadas em factos.

Hoje em dia as organizações aspiram reduzir o nível de custo da qualidade pobre (COPQ – cost of poor quality) (Prashar, 2013) e o ciclo *DMAIC* configura-se como a ferramenta indicada para alcançar esse objetivo (Kumar and Sosnoski, 2009).

Segundo Mast e Lokkerbol (2012), a metodologia *DMAIC* funciona como uma ferramenta de resolução de problemas, decompondo uma tarefa em várias sub-tarefas genéricas.

Com a utilização da metodologia *DMAIC*, Celis e Garcia (2012) consideraram no seu estudo que dois objetivos alcançáveis e relevantes são o aumento da velocidade de fluxo e a diminuição do desperdício.

2.2.1 EXEMPLOS PRÁTICOS

Decidiu-se explorar exemplos práticos de casos que contam com a implementação da metodologia e abordagem em estudo, de forma a suportar a sua aplicabilidade e expor alguns dos resultados e benefícios.

Gijo, Scaria e Antony (2011) apresentam, no seu caso como resultado do grande objetivo inicial do projeto, a redução da percentagem de rejeição de peças no processo de moagem de 16,6% para 1,19% o que superou a meta de redução em 50% e levou ainda a poupanças financeiras. O sucesso deste projeto deu mais confiança aos elementos da organização responsáveis por tomadas de decisão. Mostrou-se crucial o conhecimento e disponibilidade de *softwares* estatísticos também como o suporte por parte da gestão no desenvolvimento e integração de todas as etapas da metodologia. A metodologia implementada foi uma mais-valia na organização uma vez ter sido posteriormente

utilizada em outras iniciativas de melhoria. Foi feita ainda referência ao reconhecimento anual dado aos indivíduos que participaram ativamente na implementação da filosofia Seis-Sigma como estratégia de incentivo aos restantes colaboradores.

Bañuelas *et al* (2005) obteve resultados bastante positivos como poupanças financeiras, redução de desperdício e de inspeção necessária no controlo dos seus processos, aumento de qualidade e também de *runtime*. Tal panorama permitiu à organização maior disposição para a utilização de ferramentas estatísticas na resolução de problemas e ainda a motivação dos seus colaboradores no âmbito da melhoria contínua.

Além das mais-valias apontadas anteriormente, Cheng e Chang (2012) conseguiram a redução de atrasos e de transferências durante o processo produtivo também como o crescimento da taxa de utilização dos recursos e a eficiência do ciclo do processo.

São inúmeros os exemplos de casos de estudo aplicantes das ferramentas em estudo e que expõem todas as vantagens da sua utilização.

Durante a fase de pesquisa, e com o intuito de encontrar exemplos práticos da aplicação da abordagem Seis-Sigma à indústria do cartão canelado como semelhança ao presente relatório, a dissertação de Alves (2013) foi a única encontrada que reunia esses mesmos critérios. Com o desenvolvimento do seu projeto, permitiu à empresa presenciar a melhoria da qualidade do seu produto tendo sido notória a redução de produto defeituoso. O sucesso inicial despoletou também positivas repercussões em outros departamentos da empresa tendo em conta que as melhorias iniciais acabariam por influenciar os restantes sectores.

Por fim, com o objetivo de demonstrar a versatilidade da ferramenta, foi elaborado um resumo (Tabela 4) de vários casos práticos de diversas indústrias/sectores onde a aplicação da abordagem Seis-Sigma e da metodologia *DMAIC* foram alvo de sucesso organizacional.

Tabela 4: Casos práticos da aplicação da metodologia DMAIC nas organizações

Autor Ano	Indústria/ Setor	Etapa									
		Definir		Medir		Analisar		Melhorar		Controlar	
		Flow	Ferramentas	Flow	Ferramentas	Flow	Ferramentas	Flow	Ferramentas	Flow	Ferramentas
Gijo, Scaria e Antony (2011)	Indústria Transformadora	<ul style="list-style-type: none"> - Criação de equipa - Elaboração de carta de Projeto - Definição da característica <i>Critical-to-Quality</i> - Elaboração do Diagrama SIPOC 	<ul style="list-style-type: none"> - Carta de projeto - Ávore <i>CTQ</i> - Diagrama SIPOC 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação e inspeção de todos os tipos de defeitos - Validação do sistema de medição (através de <i>Gage R&R</i>) - Elaboração de Plano de Recolha de Dados - Cálculo do Nível de Sigma 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Gage R&R</i> - <i>Diagrama de Pareto</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Brainstorming para identificação de causas-raiz - Elaboração do diagrama causa-efeito - Plano de validação de causas - Execução do plano de validação de causas 	<ul style="list-style-type: none"> - Diagrama causa-efeito - Plano de validação de causas - <i>Brainstorming</i> - <i>ANOVA</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração de DOE - Seleção de parâmetros e execução de DOE a três níveis - Identificação das soluções ótimas - Análise de risco às soluções - Elaboração e execução de Plano de Implementação 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>DOE</i> - <i>Taguchi's Signal-to-Noise (S/N)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Padronização de processos - Auditorias internas - Elaboração e acompanhamento de gráfico de controlo - Promoção de formação - Re-cálculo do Nível de Sigma 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Checklist</i> - <i>Gráfico em "u"</i>
Banuelas <i>et al.</i> 2005	Indústria de Revestimentos	<ul style="list-style-type: none"> - Definição do âmbito e barreiras do projeto - Definição de defeitos - Elaborar carta de projeto - Estimar o impacto monetário do projeto 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Roadmap</i> - Carta de projeto - <i>Critical to cost tree</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração do mapa de processo e identificação dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> - Estabelecer linha de base de capacidade de processo - Estabelecer capacidade do sistema de medição - Análise de causas e efeito - Elaboração de Plano de Recolha de dados 	<ul style="list-style-type: none"> - Diagrama de Pareto - Mapeamento de Processo - Diagrama causa-efeito - <i>Gauge R&R</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação das variáveis-chave de entradas de processo - Avaliação de fontes de variação 	<ul style="list-style-type: none"> - Gráfico multi-variáveis 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação de alternativas de melhoria - Implementação das melhores alternativas - Validação das alternativas 	<ul style="list-style-type: none"> - Nível de Sigma - <i>ANOVA</i> - Outros testes estatísticos 	<ul style="list-style-type: none"> - Cálculo da capacidade do processo - Elaboração de um Plano de Controlo 	<ul style="list-style-type: none"> - Plano de controlo

Autor Ano	Indústria/Setor	Etapa									
		Definir		Medir		Analisar		Melhorar		Controlar	
		Flow	Ferramentas	Flow	Ferramentas	Flow	Ferramentas	Flow	Ferramentas	Flow	Ferramentas
Ismail <i>et al</i> 2014	Indústria Biofarmacêutica	- Identificação de: a) Cliente (interno e externo); b) Equipa; c) Limites do projeto	- Mapeamento do processo	- Seleção do produto/projeto a ser medido - Definição de padrões de desempenho - Estruturação do fluxo CTQ	- Diagrama CTQ (<i>critical to quality</i>)	- Detecção de possíveis causas - Identificação de soluções práticas associadas a cada causa	- <i>Brainstorming</i> - Matriz de seleção de soluções	- Implementação de soluções - Definição do fluxo de processo	- Diagrama SIPOC	-	-
Cheng, C., Chang, P. 2012	Organização sem fins lucrativos	- Identificação da Voz do Cliente - Compreensão do fluxo do processo	- VoC (Voice of the Client) - Diagrama SIPOC - Tabela de <i>overview</i> do projeto	- Identificar o produto principal - Recolha de informação - Cálculo da eficiência do ciclo do processo (PCE)	- Diagrama de pareto - <i>Bill of material</i> (BOM)	- Identificação das causas raiz - Listagem de problema que ocorram durante o processo produtivo - Identificação de possíveis soluções	- Diagrama causa-efeito - Filangens - <i>Brainstorming</i> - 5 Porquês	- Cálculo da taxa de utilização do produto selecionado - Desenvolvimento de planos de melhoria - Implementação de ações de melhoria	- Diagrama de Pareto - Alterações visuais e de <i>layout</i>	- Acompanhamento e recálculo dos resultados e medidas - Implementação de procedimentos <i>standard</i>	- Plano de política de controlo
Rohini, R., Mallikarjun, J. 2011	Hospital	- Seleção da equipa - Definição do problema e objectivos - Identificação de fatores críticos para a qualidade (CTQ) - Definição de expectativas	- <i>Charter</i> do projeto - Requisitos do cliente mensuráveis - Mapa de processo <i>high-level</i>	- Elaboração de um plano de recolha de dados para cada fase	- Plano de recolha de dados (DCP - <i>data collection plan</i>)	- Análise do processo (identificação de passos que não acrescentam valor ao processo) - Análise de dados para encontrar tendências e suportar fatores na raiz das causas	- Diagrama causa-efeito	- Sugestão de ações de melhoria	- <i>Brainstorming</i>	- Cálculo do nível de Sigma - Actividades de supervisão	-
Srinivasan, K. <i>et al</i> 2014	Indústria Química	- Avaliação do desempenho do processo - Seleção do parâmetro de estudo	- Diagrama de Pareto	- Recolha de dados - Avaliação da informação	- Diagrama de Pareto	- Identificação de causas-raiz - Identificação de possíveis soluções	- Diagrama causa-efeito - <i>Brainstorming</i>	- Seleção e implementação de ações de melhoria - Cálculo do nível de Sigma	- <i>Brainstorming</i>	- Implementação da solução ótima	-

2.3 PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Ao elaborar o Enquadramento Teórico de forma a suportar o desenvolvimento do Caso de Estudo foram notórios, não só os benefícios da implementação da abordagem Seis-Sigma numa organização quer a nível estratégico, motivacional, operacional e financeiro, mas também a utilidade e o efeito positivo da aplicação da metodologia *DMAIC* num determinado contexto. Esta é uma metodologia transversal a várias problemáticas e que além de se suportar em diversas ferramentas estatísticas, torna-se instintivamente num processo sistemático de melhoria contínua. Foi proveitoso ter acesso a casos práticos de empresas aplicantes da filosofia Seis-Sigma combinada com o ciclo *DMAIC* uma vez ser clara a transversalidade das mesmas em qualquer indústria e/ou serviço. Apesar de inequivocamente vantajosa, os fatores mudança e novidade tornam-se muitas das vezes alvo de resistência quanto à adoção da metodologia abordada por parte das organizações. De sublinhar, por fim, a utilidade do aprofundamento de cada uma das etapas do ciclo *DMAIC* para melhor delineamento, estruturação e desenvolvimento do projeto em questão.

3 CASO DE ESTUDO

O conceito primário da função de embalagem reside no dever de proteger e transportar um determinado produto. Atualmente, o processo apresenta-se mais relevante uma vez que deve também cativar, inspirar e informar o cliente enquanto vende e identifica o produto. Segundo Aboura et al. (2004), “A embalagem deve proteger o que vende e vender o que protege”; este conceito resume a principal função do embalagem que se encontra dividido em seis principais famílias: papel, plástico, vidro, metal, madeira e material compósito.

Durante o ciclo de vida de um produto, o impacto ambiental acarreta também um papel importante no significado da embalagem. Deve-se ter especial atenção não só às emissões da etapa de produção da embalagem, mas também ao transporte na distribuição e na gestão de desperdícios (Koskela, 2014).

Alguns estudos foram feitos para testar a diferença dos impactos ambientais entre a utilização de embalagens de cartão canelado e de outro tipo de material. Levi *et al.* (2011) concluíram que em algumas situações a utilização de plástico é mais favorável à utilização de cartão canelado na produção de embalagens. No entanto, Koskela et al. (2014) concluíram no seu estudo que o sistema de caixas de cartão canelado é ambientalmente mais favorável do que caixas de plástico tendo em conta os critérios utilizados no seu estudo. Defenderam ainda que a melhor opção é a utilização de produtos recicláveis devendo ter-se em atenção que tal requer um sistema efetivo e produtivo de reciclagem.

O cartão canelado é utilizado para a produção de caixas de embalagem desde 1897 (Talbi, 2008). É o mais amplamente utilizado material de embalagem e distribuição de diversos materiais, sendo adequado para transporte tanto via marítima como via aérea, uma vez que mantém a resistência durante todo o processo de armazenamento, *marketing* e distribuição (Hung, 2010). O cartão canelado, como material ecológico, é altamente utilizado devido à sua leveza, reciclabilidade e custo baixo.

O cartão canelado normalmente consiste em duas folhas planas exteriores (*liners* ou coberturas) de papel resistente ou perfurações, incluindo no interior papel ondulado (papel canelado), que resiste ao esmagamento e compressão, protegendo do amortecimento os conteúdos das caixas. Os papéis “*liners*” e “ondulados” são colados através de componentes de amido, proveniente de milho, trigo ou batata. (Talbi et al., 2008).

Maior resistência a cargas de compressão, maior rigidez à flexão e o aumento da resistência à humidade são apenas algumas das principais propriedades do cartão canelado atualmente (Gegeckienè et al., 2012). Estas propriedades estão diretamente relacionadas com características do próprio cartão como a espessura, o tipo de onda ou canelura e ainda o número de camadas utilizado. Gegeckienè et al (2012) estudaram o *design* ótimo de uma embalagem de cartão canelado, focando nas melhores características através do suporte em testes de laboratoriais de qualidade.

3.1 Controlo da Qualidade

O controlo da qualidade para a reciclagem de papel e para a produção de cartão canelado (pranchas) pode ser regido através da norma europeia EN 643, o método Ingede 7 e 8 e o Isri Paper Stock 2009 e PS-2009; para as embalagens de cartão canelado vigoram as normas europeias FEFCO.

O controlo de qualidade do cartão canelado, a nível interno, é feito através de testes laboratoriais para a averiguação dos índices de determinadas propriedades físicas, mecânicas e químicas (Tabela 5).

Tabela 5: Testes/Ensaios de controlo de qualidade ao cartão canelado

Especificações	Teste/Ensaio	Descrição
Estruturais	Gramagem	Relação entre o peso de uma amostra e a sua área superficial (g/m ²)
	Espessura	Distância entre as duas faces do papel ou cartão medida na perpendicular
Humidade	Absorção de Água (Ensaio de Cobb)	Método para determinar a quantidade de água que o papel absorve.
	% de Humidade	Método para determinar a diferença de peso da amostra antes e depois do processo de secagem.
Mecânicas	Resistência ao Rebentamento	Método para determinar a resistência ao rebentamento do papel, submetida a uma pressão hidrostática crescente.
	Compressão em Coluna (ECT)	Método para determinar a resistência à compressão vertical do canelado.
	Compressão Plana (FCT)	Método para determinar a resistência ao esmagamento plano do cartão.
	Perfuração Dinâmica	Método para determinar a energia necessária para perfurar uma placa com um dispositivo de perfuração normalizado.
	Compressão de caixas (BCT)	Teste feito já em Embalagem (caixa) final.

3.1.1 Contexto da Empresa

Controlo da Qualidade

A exigência dos clientes relativamente às especificações e à qualidade dos produtos solicitados tem vindo a aumentar ao longo dos anos. De forma a acompanhar essas mesmas tendências e fornecer o melhor serviço ao comprador, a Zarrinha possui um Departamento de Qualidade responsável por garantir que o produto chega ao cliente com as características pretendidas. No laboratório, são realizados testes às propriedades do papel e do cartão produzidos internamente para comparar com os valores padrão estabelecidos previamente pelo cliente. Estes testes são realizados em amostras da encomenda em questão e caso os valores estejam em conformidade com o pretendido, é enviada essa constatação para o cliente, através da apresentação dos resultados obtidos. Caso contrário, discute-se internamente a viabilidade de o produto seguir ou produzir-se nova encomenda de forma a atender aos requisitos estipulados.

Estes testes laboratoriais são comuns na indústria do papel e do cartão canelado e pretendem medir atributos como espessura, humidade, resistência ao esmagamento, gramagem, entre outros. Na Tabela 6 é possível observar os vários testes elaborados para o papel e para o cartão canelado, na Fábrica de Papel e Cartão da Zarrinha, S.A..

Tabela 6: Testes/Ensaios de controlo de qualidade realizados na empresa

Teste	Papel	Cartão
Espessura	X	X
Gramagem	X	X
Rebentamento	X	X
ECT		X
BCT		X
FCT		X
CCT	X	
CMT	X	
RCT	X	
Cobb	X	X
Humidade	X	

Não Conformidade

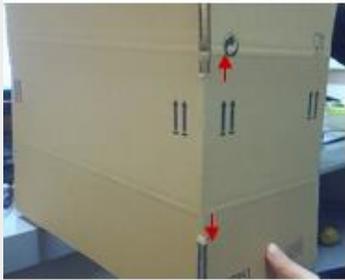
É considerada não conformidade no contexto da empresa, todo e qualquer produto (quer seja bobines de papel, placas de cartão, embalagens de cartão ou paletização das encomendas) que não atenda a um ou mais requisitos. De forma a acompanhar a crescente exigência e eficácia concorrencial, a empresa, à semelhança de cada vez mais tantas outras, tem implementados os sistemas de gestão de qualidade (ISO 9001) e de ambiente (ISO 14001) no auxílio à padronização das metodologias e práticas da mesma, visando a eliminação da não conformidade dos produtos produzidos.

Estas não conformidades podem ser detetadas 1) aquando a produção pelos operadores das máquinas, 2) pela chefia aquando pontuais verificações de material ou *stock* ou ainda 3) sob a forma de reclamação/devolução do cliente. Nesta última, a não conformidade não é detetada internamente chegando ao cliente como produto conforme.

Para as situações 1) e 2), normalmente é aberto um processo dedicado à não conformidade em questão. Nesse processo são identificados os dados da encomenda também como o tipo de não conformidade ocorrido, seguindo-se a análise das suas causas também como a definição de ações de correção e de futura prevenção da situação. Na Tabela 7 encontram-se expostos as várias não conformidades avaliadas nos processos internos da empresa. Estas estão divididas em cinco grandes grupos: Impressão, Corte, Vincos, Acabamentos e Outros; seguindo-se de uma sub-divisão com especificações mais claras do tipo de defeito ocorrido.

Tabela 7: Descrição das não-conformidades consideradas na empresa

Grupo	Tipo	Imagem	Descrição
I M P R E S S Ã O	Erros/Falhas		Pode ser originada por erro na imagem impressa ou falha de tinta na impressão.
	Descentramento		Descentramento dimensional da impressão.
	Borratado		Ocorre quando a impressão tem tinta em excesso espalhada numa determinada área.
	Cor / Tonalidade		Utilização de uma cor ou tonalidade da mesma não correspondente ao pretendido.
C O R T E	Dimensão		Caixa cortada com as dimensões não pretendidas.
	Escatel		Visível quando as aberturas (cortes) executadas nas extremidades da caixa, e que permitem o seu encaixe, estão não conformes: desalinhasadas,

			descentradas ou com as dimensões erradas.
	Qualidade do corte		Corte da caixa com falta de qualidade (por exemplo, com retalha).
VINCOS	Partidos		Visível com o fácil quebramento dos vincos quando dobrados.
	Descentrados		Descentramento dimensional dos vincos.
	Mal prolongados		Ocorre quando o vinco não é efetuado na totalidade do seu comprimento
ACAB	Fecho		Visível quando a caixa não tem o fecho nas condições pretendidas (p.ex troca da aba interna pela externa)

A M E N T O S			não assegurando a união da caixa.
	Esquadria		Ocorre quando ao fechar, as abas da caixa são sobrepostas incorretamente, ficando desalinhasadas (caixa fica enviesada)
	Cartão esmagado		Visível quando uma determinada área do cartão se encontra excessivamente comprimida
	Colagem		Ocorre quando a caixa não fecha devido à insuficiência de cola
O U T R O S	Encravamento	-	Produto não conforme originado por interrupções de produção
	Warp (Empeno)		Cartão com empeno (curvatura/concavidade e acentuada)
	Outros		Outras situações menos comuns que possam surgir como cartão molhado ou



3.2 METODOLOGIA *DMAIC*

O presente projeto foi desenvolvido na expectativa de reduzir a ocorrência de produto não conforme na produção de cartão canelado, cingindo-se a um só tipo de não conformidade com influência na empresa.

Através da visível necessidade de combater um dos problemas com especial evidência ao longo dos últimos meses, também como o impacto transversal no cenário produtivo, decidiu-se estudar a não conformidade de cartão com Warp (empeno). A escolha desta não conformidade veio no seguimento do aumento da produção de cartão empenado na saída da Caneladora, aliado à falta de metodologias e sistemas de apoio à decisão do operador quanto à aceitação/rejeição deste mesmo produto.

Para melhor tratar o problema de forma a reduzir o número de não conformidades produzidas através da maior padronização do processo, optou-se por uma abordagem seis-sigma, mais precisamente a metodologia *DMAIC*. Esta metodologia permitirá uma análise bastante cuidada e pormenorizada em relação às causas do problema em questão, paralelamente à inclusão de vários elementos e departamentos da empresa e ainda à delineação de ações de melhoria e de prevenção a serem tomadas e controladas futuramente.

Para melhor compreensão do projeto, serão apresentadas, de seguida, todas as ações realizadas em cada uma das etapas do ciclo *DMAIC*.

3.2.1 Fase Definir (Define)

A fase de Definir envolve, essencialmente, a definição do problema, identificação dos *stakeholders* adjacentes, a estipulação dos objetivos a serem atingidos e a calendarização do projeto. A ordenação da etapa contemplará os seguintes tópicos:

- Identificação do problema
- Voz do Cliente
- Mapeamento do Processo
- Objetivos a atingir

3.2.1.1 Identificação do problema

Para definir o problema de forma mais organizada utilizou-se a ferramenta 5W2H, como se pode observar na Tabela 8.

Tabela 8 Ferramenta 5W2H aplicada ao problema inicial

Etapa	Descrição
O quê? (What)	Cartão com <i>Warp</i> (Empeno)
Porquê? (Why)	Aumento dos incidentes; Impacto transversal na empresa
Quem? (Who)	Departamento de Produção e Departamento de Qualidade
Quando? (When)	De Setembro de 2014 a Abril de 2015
Onde? (Where)	Departamento de Produção da empresa
Como? (How)	Utilizando a metodologia <i>DMAIC</i> da abordagem <i>Seis-Sigma</i>
A que custo? (How much)	Não contabilizado

3.2.1.2 Voz do Cliente

O cartão canelado produzido na Caneladora, ao contrário de vários produtos, tem dois clientes distintos:

- Cliente/consumidor final
- Sector da transformação da empresa.

Como tal, os requisitos de qualidade de produto divergem ligeiramente consoante o próximo cliente e a problemática do *Warp* acaba por ter bastante impacto em ambos os destinos. Se o cartão estiver a ser produzido com esta incorreção na Caneladora, deverá ser imediata a paragem ou o abrandamento da máquina-mãe, atrasando os tempos de produção estipulados e implicando diretamente com o desperdício de recursos inerentes a este processo. O mesmo acontece caso o cartão empenado siga para o sector de

transformação que além das paragens e encravamentos de máquina poderá causar não conformidades no produto final (caixas de cartão canelado).

Ao recolher *feedback* do cliente foi possível compreender quais as suas principais necessidades e aquilo que lhe é preciso ser entregue de forma a garantir a sua satisfação, dando origem à árvore crítica de qualidade (*CTQ tree*) (Figura 8).

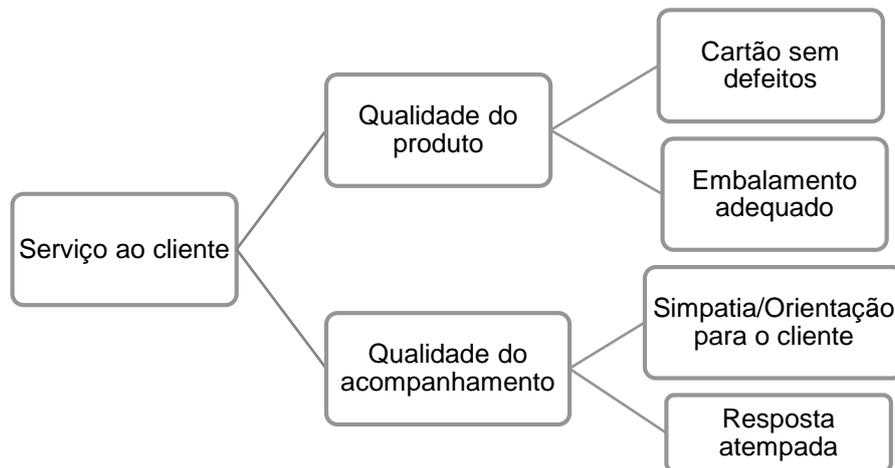


Figura 8: Árvore crítica da qualidade

Uma vez que o âmbito do presente projeto se foca na redução de uma determinada não conformidade, indo de encontro à necessidade de “Cartão sem defeitos”, o passo seguinte passa por identificar os tipos de inconformidades detetadas na produção interna de cartão canelado e posteriormente selecionar aquela que será alvo de estudo.

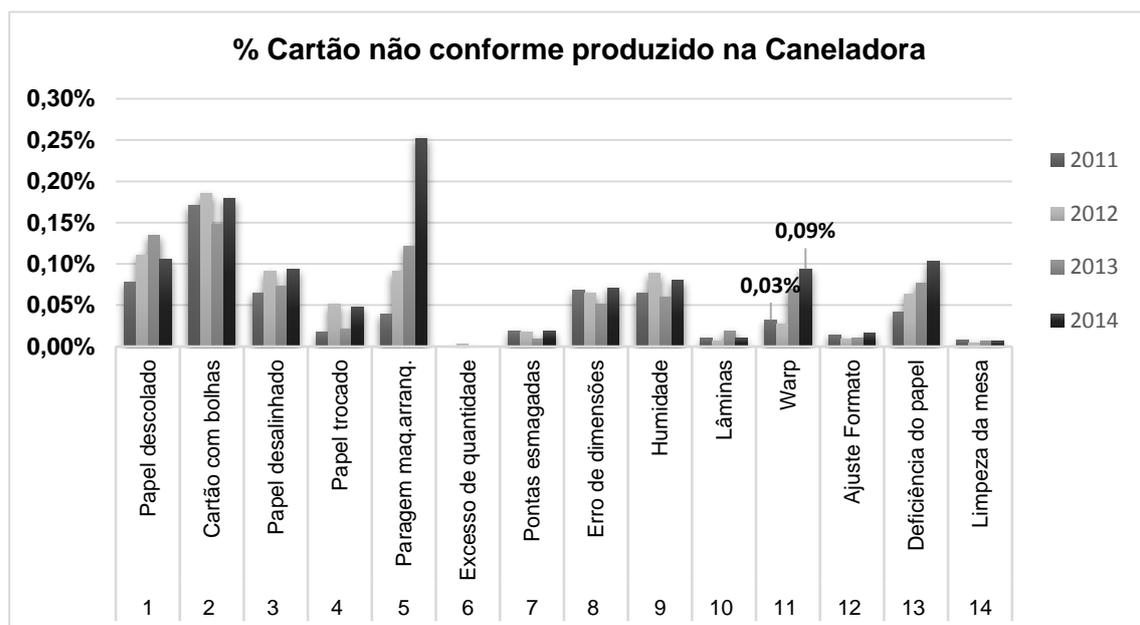


Gráfico 1: Percentagem de cartão não-conforme produzido na Caneladora

O Gráfico 1 apresenta as diferentes não conformidades contabilizadas à saída da Caneladora e a percentagem de cada origem em relação ao total produzido na máquina no ano de 2014. É notável a crescente destas inconformidades ao longo dos anos, desde 2011.



Gráfico 2: Ordenação das origens das não conformidades à saída da Caneladora em 2014

Existem falhas como “Cartão com bolhas”, “Papel descolado”, “Papel desalinhado” e “Paragens e arranque de máquina” que são responsáveis por uma representação bastante significativa das não conformidades (Gráfico 2).

No entanto, decidiu-se estudar a quinta não conformidade mais com maior peso – Cartão com *Warp* pelos seguintes fatores:

- Impacto transversal da não conformidade em toda a Produção (Caneladora e Transformação);
- Valor percentual triplicou entre 2011 e 2014 (de 0,03% para 0,09%);
- Perceção de elevado número de possibilidades de causas-raíz;
- Maior atenção à inconformidade em questão por parte do cliente;
- Carência de metodologia de apoio à decisão do operador quanto à aceitação/rejeição do produto com empeno.

A média de percentagem de cartão com empeno produzido na Caneladora em 2014 foi de 0,09%, tendo o mês de Outubro registado o maior valor do ano (0,35%). Este mês contou com várias reestruturações internas em termos de recursos humanos, infraestruturas e ainda com aumento do volume de encomendas (Gráfico 3).

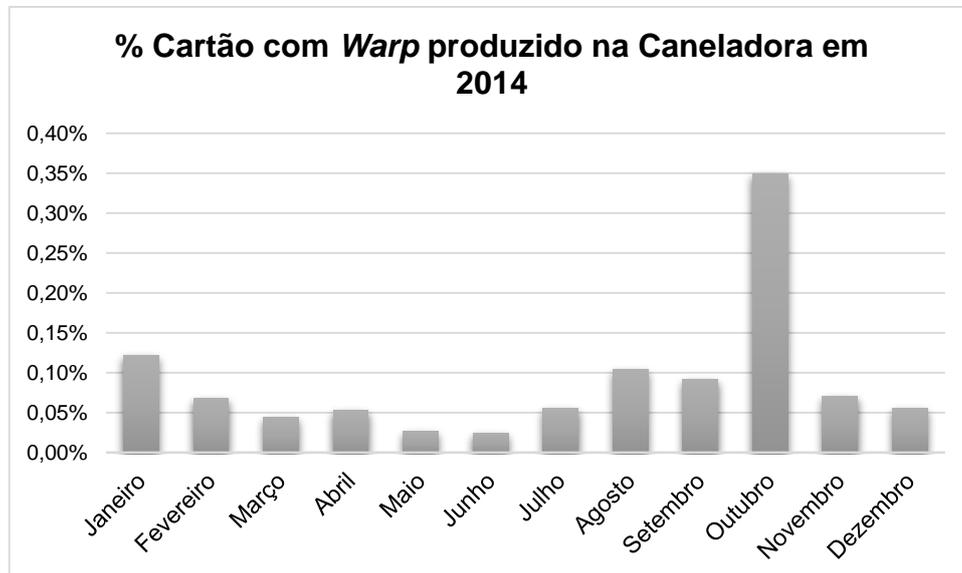


Gráfico 3: Percentagem de cartão com *Warp* à saída da Caneladora em 2014

3.2.1.3 Mapeamento do processo

Para que a compreensão sobre os principais elementos integrantes do processo produtivo, foi desenvolvido um simples diagrama SIPOC para auxiliar o início do projeto. Este diagrama (Figura 9) faz referência aos fornecedores do processo, podendo o fornecedor de papel ser o Departamento de Papel da Fábrica. Inclui também a matéria-prima, um resumo da produção de cartão canelado (o processo mais detalhado poderá ser consultado no Anexo I), o resultado do processo e os clientes que, como referido anteriormente, serão o consumidor final (empresas que contractam o serviço) e o sector interno de transformação de cartão canelado.

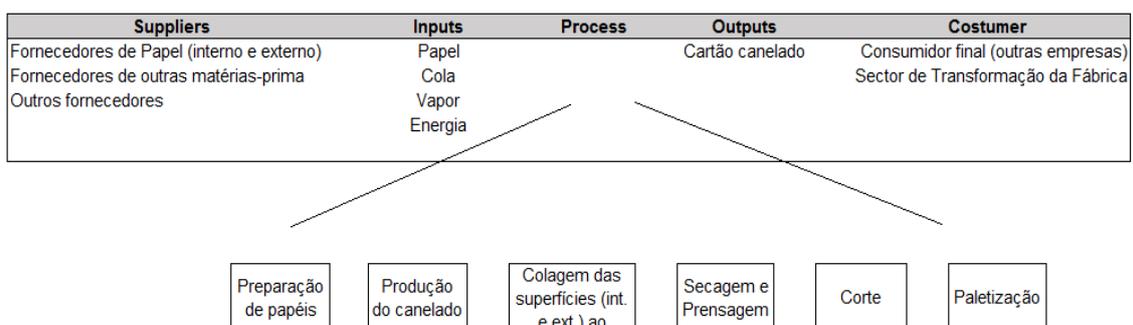


Figura 9: Diagrama SIPOC

3.2.1.4 Objetivos a atingir

Com a informação recolhida até o momento, com o apoio do Departamento da Qualidade foram definidos os objetivos métricos a serem atingidos no final do projeto. As métricas foram divididas por tipo de cliente com o intuito de facilitar a sua compreensão (Tabela 9).

Tabela 9: Objetivos do projeto

Cliente	Métrica	Key Performance Indicator
Consumidor Final	% Reclamações por <i>Warp</i>	4,0%
	% Devoluções por <i>Warp</i>	20,0%
Sector Transformação	% Paragens por <i>Warp</i>	2,0%
	% Produto não conforme por <i>Warp</i>	10,0%
Caneladora	% Cartão com <i>Warp</i> produzido	0,08%

Os objetivos relacionados diretamente com o consumidor final passarão pela redução da percentagem de reclamações e devoluções por *Warp*, enquanto que os indicadores alusivos ao sector de transformação serão a diminuição percentual de paragens das máquinas por *Warp* também como do produto não conforme que estas gerem. Entendeu-se pertinente acrescentar uma medida diretamente relacionada com a Caneladora, neste caso, a percentagem de cartão canelado produzido com *warp*.

De forma a planear as etapas da metodologia e dar a conhecer a estrutura do projeto a todos os elementos envolventes no mesmo, foi elaborado um cronograma com a distribuição de todas as atividades desde o início até um mês após o término do estágio (Figura 10).

Etapa	Actividade	2014				2015				
		Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
Definir	Identificação do Problema	■	■							
	Recolha da Voz do Cliente		■							
	Identificação de CTQ		■							
	Mapeamento do processo (SIPOC)		■							
Medir	Definição de objectivos		■							
	Análise do método de medição		■							
Analisar	Identificação das causas-raiz		■	■						
	Validação das causas raiz			■						
	Priorização das causas-raiz			■						
Melhorar	Identificação das soluções			■	■					
	Validação das soluções				■					
	Implementação das soluções					■	■	■	■	
Controlar	Reuniões de acompanhamento									■

Figura 10: Cronograma do projeto

A elaboração do cronograma do projeto teve por base a disponibilidade dos intervenientes do projeto e a realização em paralelo de outras atividades internas.

3.2.2 Medir (Measure)

O próximo passo no projeto passou por recolher dados referentes à situação atual do cartão empenado e seu impacto na produção do papel canelado, no sector transformador e na relação com o cliente.

Qualquer cartão com empeno que siga para a transformação na tentativa de normalizar as suas características, maior parte das vezes, causa a paragem por encravamento da máquina ou leva a impressão, corte ou fecho das caixas não conforme.

Como se pode verificar no Gráfico 4, em 2014, 4% das paragens totais das máquinas transformadoras deveram-se a problemas com o cartão, dos quais 3% são referentes a cartão com *Warp* (empeno).

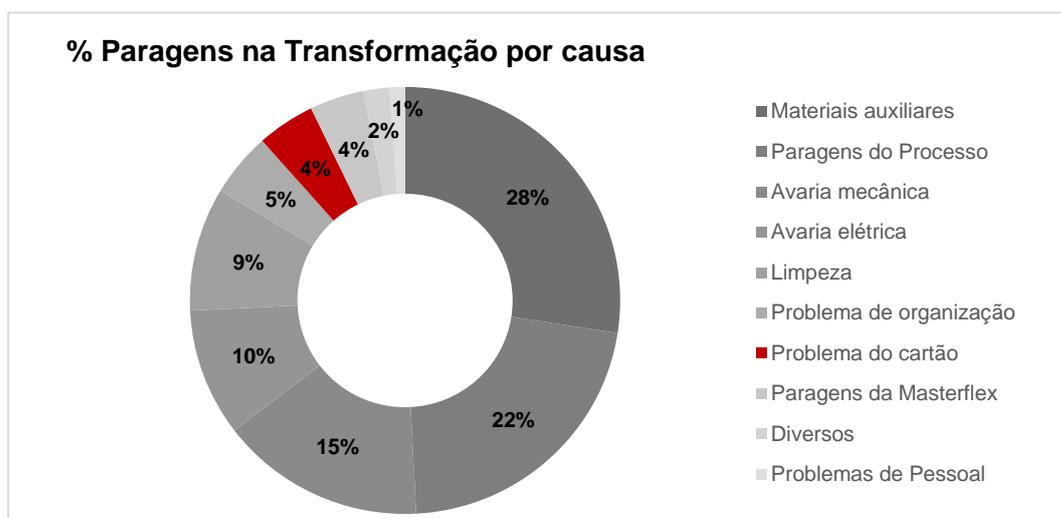


Gráfico 4: Percentagem de paragens no sector da Transformação, em função do tipo de não conformidade

Já na área de transformação, 11% do produto não conforme é registado como cartão com *Warp*, tipo de falha que registou um aumento de 5,09% comparativamente com o ano de 2013 (Gráfico 5). Este cartão empenado é proveniente da Caneladora, mas, ao não ser segregado à entrada da máquina transformadora, poderá levar a encravamento de máquina, impressões defeituosas também como cortes desajustados do pretendido.

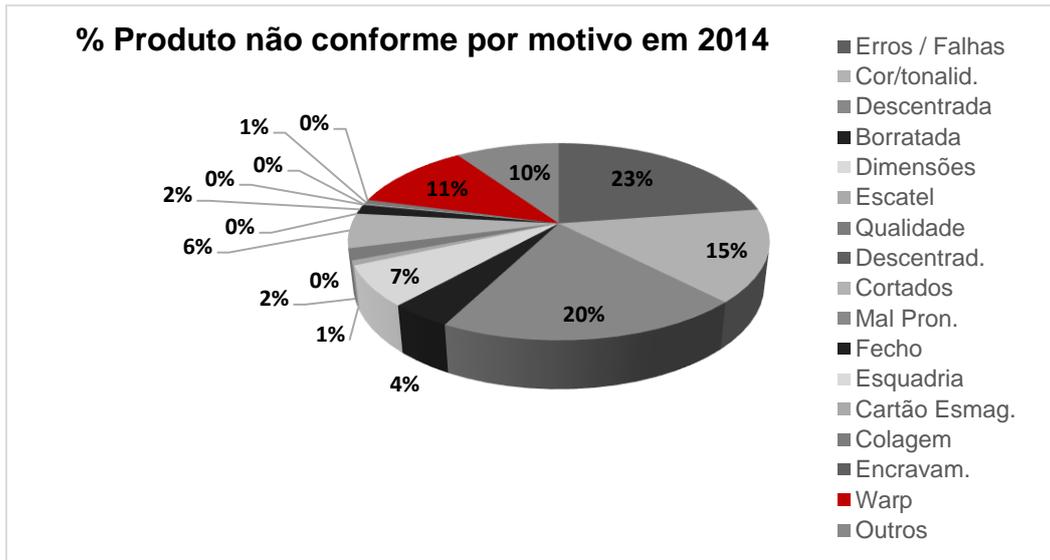


Gráfico 5: Distribuição percentual das não-conformidades registadas em 2014 (por tipo)

Este tipo de falha tem uma influência significativa nas máquinas transformadoras devido ao seu mecanismo de funcionamento. Ao entrar na máquina, a placa é arrastada até uma área de sucção de forma a seguir via válvulas por zonas próximas das impressoras e cortantes. As medidas padrão de distância entre as válvulas e as placas são previamente definidas e caso estas não apresentam as características devidas, a máquina pode não detetar a sua presença. Em termos de corte, o mesmo acontece quando o cortante não reconhece as medidas corretas da placa uma vez que a curvatura altera fisicamente esses valores. O Gráfico 6 apresenta a distribuição dos casos de não conformidades devido ao *Warp* detetados pelas respetivas máquinas transformadoras. As máquinas com mais significado são de impressão de várias cores e utilização de cortante curvo.



Gráfico 6: Distribuição de registos de *Warp* por máquina transformadora

Outro processo afetado pelo cartão empenado é o embalamento da encomenda. O cartão canelado, ao apresentar curvatura acentuada no processo de cintagem, proteção com cartão canelado no topo e embalamento por filme, faz com que a paleta não possa ser embalada nas condicionantes-padrão já estabelecidas.

No caso de o produto com defeito seguir para o consumidor final, é significativa a probabilidade de se fazer acompanhar por reclamação/devolução, situação que a longo prazo afeta o *servicing* ao mesmo. A empresa registou, em 2014, um significativo aumento em 35% dos registos totais de reclamações face ao ano de 2013. No entanto, esta crescente evolução não se verificou no âmbito das reclamações originadas por cartão com *warp* que, por sua vez, registaram uma redução de 1,3% (Tabela 10) face às reclamações totais existentes do ano transato.

Tabela 10: Percentagem de reclamações por cartão com *Warp* em 2013 e 2014

2013	2014
6,1%	4,8%

Em 2014, no âmbito da produção de cartão canelado, as devoluções por cartão com *warp* representaram 18,7% da totalidade de caixas devolvidas e 23,2% da totalidade de m² devolvidos (Gráfico 7).

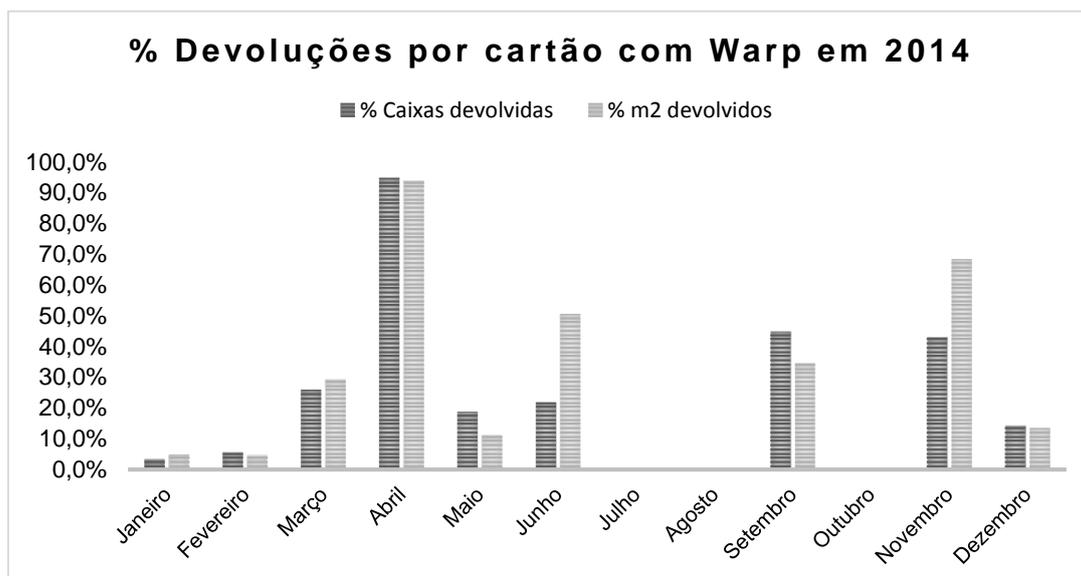


Gráfico 7: Percentagem de devoluções de cartão com *Warp* nos meses de 2014

3.2.3 Fase Analisar (Analyze)

A etapa de **Analisar** tem como principal objetivo ir de encontro à origem do problema e, dessa forma, estará estruturada em três principais componentes:

- Identificação das causas-raíz
- Validação e Priorização das causas-raíz
- Análise das causas-raíz prioritárias

3.2.3.1 Identificação das causas-raíz

O passo seguinte cingiu-se em encontrar as causas-raíz do cartão com Warp. Para conseguir analisar da melhor forma as fontes do problema, o mais acertado centrar-se-ia na experiência e tacto de quem diariamente lida com a produção e o empeno do cartão: os operadores da Caneladora. Dessa forma, foram realizadas reuniões com seis operadores da “máquina-mãe” onde se expôs uma breve apresentação inicial de alguns dados apresentados nos sub-capítulos anteriores e se facilitou um espaço de *brainstorming*. Estas reuniões serviram de base para a deteção dos principais nichos das origens do cartão com empeno, que posteriormente foram organizadas e agrupadas, resultado no diagrama de causa-efeito da Figura 11.

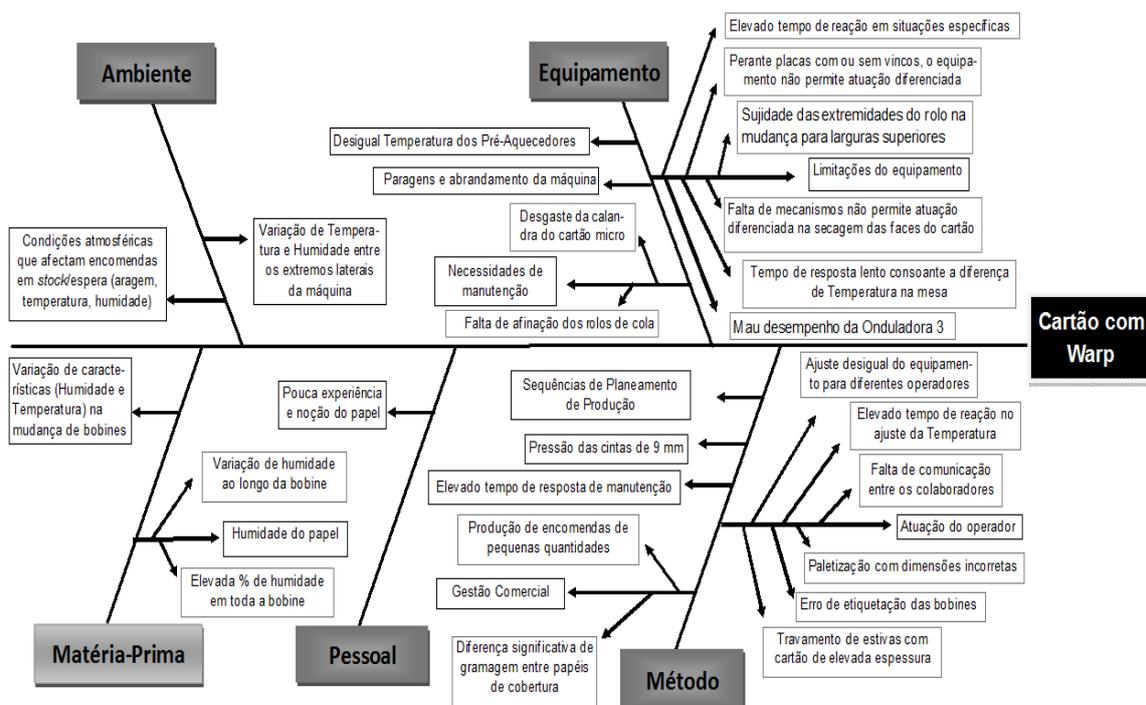


Figura 11: Diagrama causa-efeito para a problemática do Cartão com Warp

3.2.3.2 Validação e Priorização das causas-raíz

Posteriormente à organização da informação no formato anteriormente apresentado, foi necessário validar as causas sugeridas juntamente com os diretores do Departamento da Produção e da Qualidade. Decidiu-se que esta validação iria contemplar dois momentos distintos:

- 1) Espaços de *brainstorming* entre os diretores dos departamentos envolvidos;
- 2) Elaboração de uma Matriz de Prioridades sob a forma de questionário.

A primeira fase de validação contou com espaços de *brainstorming* entre os diretores dos departamentos envolvidos, tendo por base a sua experiência pessoal e o histórico da empresa uma vez que grande parte dos aspetos apontados não são controlados estatisticamente. Decidiu-se verificar as causas por família e avaliar a sua influência no empeno do cartão. Este processo contou também com a participação do responsável das etiquetas de bobines. As sessões resultaram na eliminação das seguintes causas (Tabela 11), que conclui-se não terem impacto no cartão empenado:

Tabela 11: Causas eliminadas na primeira etapa do processo de validação

Família da Causa	Causa
Método	Pressão das cintas de 9mm
	Erro de etiquetagem de bobines
	Elevado tempo de reação no ajuste da temperatura

Procedeu-se à eliminação das causas na lista inicial e apresentaram-se os resultados obtidos até então aos intervenientes da segunda etapa de validação. Esta etapa contou com a participação de três chefes de máquina da Caneladora e o diretor do Departamento de Produção. Funcionou sob a forma de questionário onde se solicitou a opinião dos inquiridos relativamente à importância que consideravam ter uma causa em relação às restantes. A escala utilizada encontrava-se representada de 1 (Muito menos importante/relevante) a 4 (Muito mais importante/relevante). Esta lógica foi utilizada para todas as causas validadas até então e dessas sessões resultou a Matriz de Prioridades da Tabela 12.

Tabela 12: Priorização das causas-raíz

C	Causas	Frequência Relativa				Média	Frequência Acumulada
		1	2	3	4		
C1	Paragens e abrandamento da máquina	10,55%	9,06%	8,83%	8,91%	9,34%	9,3%
C2	Falta de afinação dos rolos de cola	11,39%	7,37%	10,94%	6,67%	9,09%	18,4%
C3	Papel com muita humidade	9,60%	5,73%	10,26%	8,60%	8,55%	27,0%
C4	Variação de humidade ao longo da bobine	2,71%	8,14%	5,17%	7,50%	5,88%	32,9%
C5	Variação de características (Humidade e Temperatura) na mudança de bobine	2,71%	7,50%	3,79%	8,28%	5,57%	38,4%
C6	Elevado tempo de resolução de avarias que influenciam a operação da máquina	6,13%	5,36%	5,37%	4,61%	5,37%	43,8%
C7	Mau desempenho de uma Onduladora em períodos de aceleração a partir de velocidades baixas	9,42%	3,66%	4,29%	3,51%	5,22%	49,0%
C8	Produção de encomendas de pequenas quantidades	6,57%	2,36%	3,37%	7,85%	5,04%	54,1%
C9	Desigual Temperatura dos Pré-Aquecedores	5,25%	3,66%	4,48%	4,60%	4,50%	58,6%
C10	Sequências de planeamento de produção, com trocas de canais que condicionam qualidade de produto final	4,88%	4,95%	2,84%	4,56%	4,31%	62,9%
C11	Falta de mecanismos não permite actuação diferenciada na secagem das faces do cartão	2,65%	3,74%	5,13%	3,73%	3,81%	66,7%
C12	Variação de Temperatura e Humidade entre os extremos laterais da máquina	5,38%	4,40%	4,72%	0,31%	3,70%	70,4%
C13	Elevado tempo de reacção em situações de necessidade de variação de abraçamento de papéis de cobertura	2,01%	3,81%	5,04%	2,68%	3,38%	73,8%
C14	Perante placas com ou sem vincos, o equipamento não permite actuação diferenciada	2,77%	4,03%	4,99%	1,55%	3,33%	77,1%
C15	Paletização com dimensões desadequadas	2,46%	1,65%	2,87%	6,10%	3,27%	80,4%
C16	Sujidade das extremidades dos rolos na mudança para larguras superiores	2,56%	2,21%	4,50%	3,10%	3,05%	83,5%
C17	Tempo de resposta lenta consoante a diferença de Temperatura da mesa	1,15%	4,95%	3,74%	2,34%	3,05%	86,5%
C18	Desgaste da calandra do cartão micro	2,01%	7,00%	1,11%	1,81%	2,98%	89,5%
C19	Diferença significativa de gramagem entre papéis de cobertura	2,57%	1,00%	2,61%	3,45%	2,41%	91,9%
C20	Falta de comunicação entre "Produção de Papel" e "Produção de Cartão"	0,81%	3,26%	0,80%	3,42%	2,07%	94,0%
C21	Pouca experiência e noção do cartão por parte dos operadores	0,92%	1,07%	0,79%	4,61%	1,85%	95,8%
C22	Ajuste desigual do equipamento consoante o operador	2,12%	0,64%	3,32%	0,94%	1,76%	97,6%
C23	Condições atmosféricas que afectam encomendas em stock/espera (aragem, temperaruta, humidade)	1,50%	3,10%	0,53%	0,54%	1,42%	99,0%
C24	Travamento de estivas com cartão de elevada espessura	1,87%	1,34%	0,51%	0,34%	1,01%	100,0%

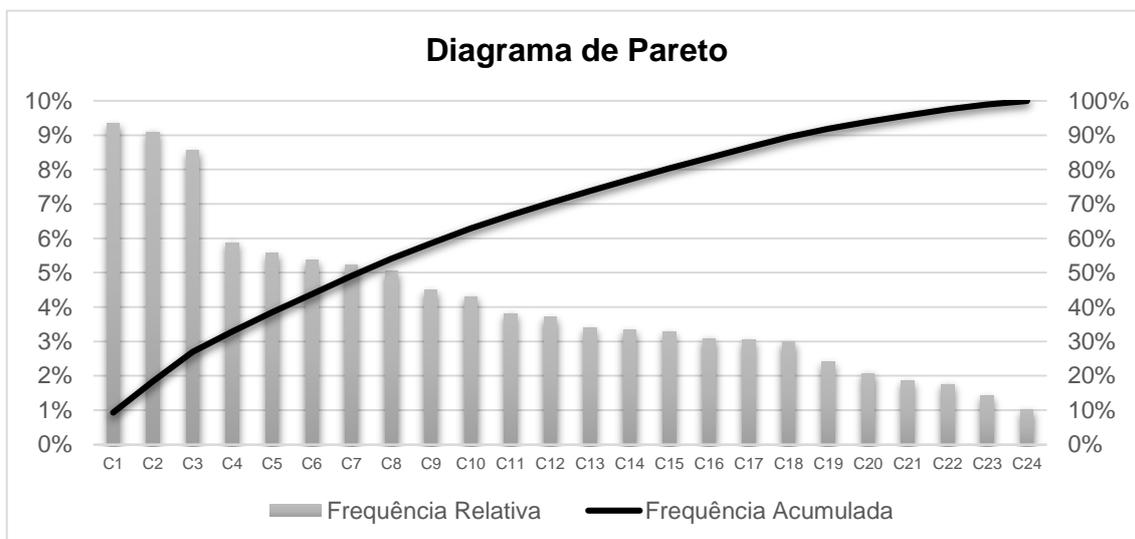


Gráfico 8: Diagrama de Pareto das causas-raíz

Com a priorização das causas (Gráfico 8) e a devida análise e nova sessão de *brainstorming* compreendeu-se que as causas nº 21, 22, 23 e 24 apesar de terem pouco significado na problemática em questão, acabariam por ter impacto indireto e portanto, decidiu-se manter na listagem de causas-raíz.

Em relação às causas que representam maior frequência relativa, e portanto, maior relevância na geração de empeno, foi possível dividi-las em três principais grupos:

- Irregular funcionamento do equipamento (Método – Manutenção) com as causas C1, C2, C6 e C7 associadas;
- Humidade do papel (Matéria-Prima) com as causas C3, C4 e C4 associadas;
- Evolução das encomendas (Método – Planeamento) com a causa C8 associada.

3.2.3.3 Análise das causas-raíz prioritárias

Para melhor compreender os principais fatores de origem, segue uma breve explicação sobre cada um deles.

(A) Irregular funcionamento do equipamento

A Caneladora tem vindo a ser inovada internamente desde que foi implementada em 1981. A sua evolução tem sido obra da gestão do Departamento de Produção e contempla a adição de novas ferramentas, máquinas e funcionalidades de forma a agilizar não só o método de atuação dos operadores, como também a flexibilidade da máquina para uma produção mais rápida e eficaz. A manutenção do equipamento é da responsabilidade do Departamento de Manutenção da fábrica que deve também responder ao sector de Transformação que alberga aproximadamente 20 máquinas e ainda à Fábrica de Papel.

As intervenções de manutenção podem ser de três diferentes naturezas:

- Ação preventiva sistemática: ações programadas atempadamente para serem efetuadas periodicidades pré-estabelecidas e para evitar avarias ou irregularidades no funcionamento da máquina.
- Ação preventiva condicionadas: ações planeadas em resultado da manutenção preventiva sistemáticas de forma a garantir a funcionalidade da máquina.
- Ação corretiva: ação não programada e efetuada como resposta imediata a algum problema ou avaria que tenha ocorrido no funcionamento.

O Gráfico 9 apresenta as ações de manutenção por mês, realizadas no ano de 2014 na Caneladora.

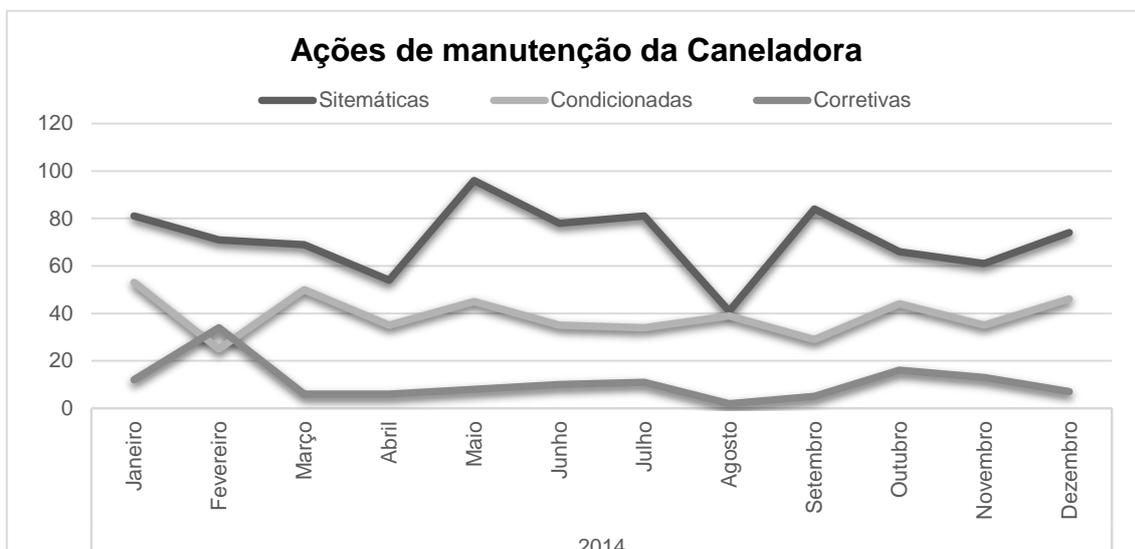


Gráfico 9: Ações de manutenção na Caneladora no ano de 2014

Ao avaliar a correlação entre as ações de manutenção efetuadas e a produção de cartão com *warp* na Caneladora, consegue ser perceptível a irregularidade nas intervenções de manutenção no equipamento (Tabela 13).

Tabela 13: Correlação entre ações de manutenção e produção de cartão com *Warp*

Ação de manutenção	Coefficiente de correlação (r^2)
Preventiva sistemática	0,0098
Preventiva condicionada	0,041
Corretiva	0,0257

O tempo de resposta de manutenção é lento comparativamente ao esperado e a metodologia de requisição de manutenção não é totalmente clara.

(B) Humidade do papel

O papel é um composto de origem vegetal obtido através de fibras celulósicas oriundas de madeira, sendo considerada a principal matéria-prima na produção do cartão canelado. Desta forma, a sua constituição e qualidade albergam um enorme peso nas características do produto final em questão.

As fibras utilizadas na produção de pasta de papel podem ter diferentes origens resultando em papéis com propriedades distintas. Podem ser usadas fibras de origem fresca, as denominadas fibras virgem, maioritariamente utilizadas no processo químico

kraft. Por outro lado, e acompanhando as necessidades económicas e ambientais de países com grande densidade populacional, poderão ser utilizadas fibras recuperadas como material de origem seguindo-se de processos mecânicos. (Produção de Papel SCA)

A pasta de papel destinada à indústria de papel pode ser produzida por processos químicos ou mecânicos. Para se transformar a madeira em polpa, é necessário separar a madeira em lenhina, celulose e hemicelulose. Quanto aos processos químicos, o principal é o processo *kraft*, que trata a madeira em cavacos com hidróxido de sódio e hidrossulfeto de sódio, dissolvendo a lenhina e libertando a celulose como polpa de papel de maior qualidade. Os processos mecânicos trituram a madeira, separando apenas a hemicelulose e produzindo conseqüentemente uma polpa de menor qualidade constituída por fibras curtas e amareladas.

Na Fábrica de Papel e Cartão da Zarrinha, S.A. é utilizada na produção de papel, matéria-prima recuperada como revistas, papelão e jornais usados, que constituirão a base da celulose produzida a partir de fibra recuperada. Algumas das vantagens óbvias deste tipo de processo acabam por ser a redução dos custos da matéria-prima também como a sustentabilidade de recursos naturais a longo prazo.

Durante a produção de papel reciclado, ocorre um fenómeno denominado de hornificação, responsável por limitar a acessibilidade da celulose face à água e outros reagentes químicos (Figueiredo, A *et al.* 2012). A hornificação causa perda de flexibilidade, permeabilidade e capacidade higroscópica da fibra recuperada, gerando perdas em algumas propriedades do papel (Cardoso, M. *et al.* 2012).

A par deste fenómeno, existem ainda dois fatores cruciais no comportamento da pasta na produção de papel: a água coloidal e a taxa de absorção. O tipo de formação de fibras (disposição das fibras numa determinada área, comprimento, largura, etc) durante a produção de papel dependerá do tipo de fibra utilizado. A água coloidal existente nas fibras é aquela que nunca é eliminada das mesmas por evaporação, permanecendo na sua estrutura até mesmo na exaustão. Ao variar o tipo de fibra, o valor da humidade por área varia, também como o valor coloidal. A Taxa de absorção é um índice de relação positiva entre a quantidade de fibras numa determinada área e a quantidade de água por elas absorvida.

Quanto mais compacta for a estrutura fibrosa de uma determinada pasta de papel, maior será a sua taxa de absorção, fator que, juntamente com o valor de água coloidal existente na estrutura, influencia positiva e diretamente a humidade do papel produzido. A humidade é uma das propriedades mais sensíveis na produção de papel e

consequentemente de cartão canelado, tendo em conta a suscetibilidade a variadas não conformidades na laboração do material, oriundas desse fator. Acabará ainda por ser crucial perceber desde cedo no processo produtivo a morfologia das fibras, para poder atuar da forma mais eficaz possível na etapa de secagem, antes da formação da folha de papel.

Ao utilizar papel reciclado, a estrutura da pasta acabará por ser bastante irregular tendo em conta que a matéria-prima utilizada é por si só inconstante consoante o fornecedor e o material reciclado. Por um lado pode conter fibras virgens além das recuperadas, mas por outro, contaminantes como plásticos, arames, cordas e areias, o que dificulta ainda mais a eficácia do processo.

Sendo este um fator inconstante na produção de papel, a habilidade e competência do operador no manuseamento do equipamento e sentido crítico, acabam por ser cruciais para o sucesso e qualidade do produto final.

(C) Evolução das encomendas

Segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE) no 4º trimestre de 2014 o índice de volume de negócios industrial diminuiu 1,1% e no conjunto do ano 2014, as vendas na indústria diminuíram 1,2% (variação média de -0,5% no ano de 2013). Além disso, O índice relativo ao mercado nacional diminuiu 1,2%. Estes indicadores acabam por estar associados à decrescente evolução das encomendas na indústria transformadora o que afeta diretamente o planeamento de produção da fábrica.

Através do *feedback* do cliente externo e dos diretores de Qualidade e Produção, é notória a inconstante linha de encomendas que chega todos os dias ao sector de Planeamento.

No passado, as encomendas solicitadas caracterizavam-se por grandes quantidades e frequência mais reduzida. Atualmente, os clientes optam por realizar encomendas com maior regularidade mas em quantidades bastante reduzidas. Além disso, o período entre a chegada do pedido de encomenda e o prazo de entrega estipulado é cada vez mais diminuto, obrigando ao sistema de produção e planeamento *just-in-time* e à necessidade de capacitação dos recursos disponíveis.

Desta forma, a sequência de produção é alterada regularmente ao longo do dia o que requer, por parte da equipa da Caneladora, atenção especial. Esta mudança constante de pedidos, aliada aos prazos de entrega do cliente, faz com que a sequência não possa

ser a mais adequada e favorável à produção de cartão canelado, pois a preparação da máquina e os parâmetros que deve respeitar, como temperatura, são distintos consoante o tipo de cartão, largura e comprimento pretendidos. Assim, a máquina sente sérias dificuldades em alterar, num curto espaço de tempo, as suas características de funcionalidade quando de uma encomenda para a outra, o tipo de cartão altera completamente, e o comprimento a ser produzido é bastante reduzido. Esta situação é bastante comum no dia-a-dia da fábrica e adjacente a si, transporta atrasos de produção e desperdício.

Ao que tudo indica, a tendência de mercado manter-se-á desta forma, representando um enorme desafio em termos de produção.

3.2.4 Fase Melhorar (*Improve*)

A fase de Melhorar pretende encontrar soluções de melhoria para as causas-raíz detetadas anteriormente e averiguar o efeito da aplicação das mesmas no panorama em estudo. Esta etapa ficará dividida da seguinte forma:

- Identificação das ações de melhoria;
- Validação das ações de melhoria;
- Implementação das ações de melhoria;

3.2.4.1 Identificação das ações de melhoria

Esta etapa iniciou-se com sessões de apresentação da priorização das causas-raíz aos intervenientes no processo até então e, posteriormente, facilitação de espaço de *brainstorming* para identificação de soluções de melhoria. Essas ações de melhoria encontram-se expostas na Tabela 14.

Apesar da priorização feita anteriormente, optou-se por delinear ações de melhoria para as causas-raíz validadas numa perspetiva a longo prazo para a empresa, tendo o cuidado de focar primeiramente a implementação daquelas consideradas mais relevantes pelo processo anteriormente explicado.

As ações propostas envolvem vários departamentos da fábrica o que acaba por tornar mais desafiante a implementação de algumas delas.

Tabela 14: Plano de Ação inicial

C	CAUSA	S	AÇÃO A IMPLEMENTAR
Ambiente			
C12	Variação de Temperatura e Humidade entre os extremos laterais da máquina	S1	Caracterizar perfis de temperatura no papel e pré-aquecedores: - Criar impresso de registo de leituras de temperatura. (S1.1) - 3 vezes por turno efetuar leituras e registar, durante 2 semanas. (S1.2) - Análise de dados e definição das ações necessárias (S1.3)
		S2	Avaliar possibilidade/ eficácia de alteração de curva de secagem
		S3	Avaliação/ criação de mecanismo que permita informação em tempo real de perfil de temperatura na entrada da mesa de secagem
C23	Condições atmosféricas que afectam encomendas em stock/espera (aragem, temperatura, humidade)	S4	Avaliar correntes de ar com interferência na máquina e colocação de fitas se possível
		S5	Manutenção de prática de colocação de fitas em períodos de maior amplitude térmica
		S6	Sistema controlo climatérico (pelos custos envolvidos não se entendeu oportuno atuação)
Matéria Prima			
C3	Papel com muita humidade	S7	Registo pelos operadores de não conformidades detetadas nas bobines de papel durante a utilização em máquina: - Definição de metodologia de registo e sua divulgação - Criação de template - Início do preenchimento
C4	Variação de humidade ao longo da bobine		
C5	Variação de características (Humidade e Temperatura) na mudança de bobine		
		S8	Implementação de metodologia de rotação de stocks de bobines
Equipamento			
C1	Paragens e abrandamento da máquina	S9	Instalação da cintadora de duas cabeças na linha de saída de caixas
		S10	Planeamento de ordem de trabalho sistemática, trimestral, de verificação de fugas no sistema pneumático dos patins da mesa de secagem
		S11	Planeamento de ordem de trabalho sistemática, mensal, de verificação de fecho estanque de vapor nas 3 mesas de secagem.
		S12	Manutenção de prática de avaliação de planeamento de produção por Formateiro/ Chefe de Equipa e alterações no layout de saída das placas.
C2	Falta de afinação dos rolos de cola	S13	Planeamento de ordem de trabalho sistemática, trimestral, de verificação de paralelismo de rolos da cola nas 3 onduladoras e coladeira tripla.
C18	Desgaste da calandra do cartão micro	S14	Substituição da calandra do micro
C9	Desigual Temperatura dos Pré-Aquecedores	S15	Apoio de técnico na utilização diferenciada dos aparelhos de leitura, leitura em ponto e por imagem térmica.
		S16	Planeamento de ordem de trabalho sistemática, trimestral, de verificação de temperatura: calandras superiores das cassetes e pré-aquecedor
C17	Tempo de resposta lenta consoante a diferença de Temperatura da mesa	S17	(Ação descrita acima de - "Avaliação de perfil de temperatura na entrada da mesa de secagem")
C11	Falta de mecanismos não permite actuação diferenciada na secagem das faces do cartão	S18	Formação/ turno parcialmente partilhado - controlo de temperatura por atuação nos patins
C14	Perante placas com ou sem vincos, o equipamento não permite actuação diferenciada	S19	Formação/ turno parcialmente partilhado - actuação perante placas com e sem vincos, compensações
C16	Sujidade das extremidades dos rolos na mudança para larguras superiores	S20	Propor manutenção revisão de impresso Limpeza/ Manutenção da caneladora, inserção de campo relativo a limpeza de rolos de encaminhamento do papel na coladeira e corpos de ondular
		S21	Avaliar possível otimização de limpeza nos rolos com a mudança para produções de maior largura
		S22	Manutenção de prática de planeamento de em mudança de ondas, o planeamento iniciar nas maiores larguras e ir decrescendo
C7	Mau desempenho de uma das Onduladoras em períodos de aceleração a partir de velocidades baixas	S23	Substituição dos freios existentes
C13	Elevado tempo de reação em situações de necessidade de variação de abraçamento de papéis de cobertura	S24	Avaliar possibilidade/recursos para desenvolvimento de solução de actuação remota do abraçamento dos papéis dos pré-aquecedores de duas onduladoras

Método			
C6	Elevado tempo de resolução de avarias que influenciam a operação da máquina	S25	Realizar reunião conjunta com manutenção: - Tomada de conhecimento - Apuramento de causas para variação na humidade/perfil - Definição de acções (correctivas)
		S26	Revisão de metodologia de acompanhamento pela chefia dos pedidos de intervenções pendentes
C10	Sequências de planeamento de produção, com trocas de canais que condicionam qualidade de produto final	S27	Formação de operadores suplentes para não condicionar a sequência de produção
		S28	Reunião de debate entre elementos da Produção e do Planeamento
C20	Falta de comunicação entre "Produção de Papel" e "Produção de Cartão"	S29	Realizar reunião conjunta com Produção de Papel: - Tomada de conhecimento - Apuramento de causas para variação na humidade/perfil - Definição de acções (correctivas)
C24	Travamento de estivas com cartão de elevada espessura	S30	Definição/Comunicação de metodologia de travamento em paletes (tipo de onda/dimensão)
C15	Paletização com dimensões desadequadas	S34	Encaminhamento após saídas de máquinas por tapetes em vez de correntes
		S35	Formação aos operadores de saída de máquina de adequação da paletização face ao produto
		S36	Implementação de terminais com informação em tempo real do que está a ser produzido
C22	Ajuste desigual do equipamento consoante o operador	S38	Revisão das Instruções do posto de trabalho (Início de revisão em período conjunto de turnos)
C19	Diferença significativa de gramagem entre papéis de cobertura	S39	Avaliação da gama de cartões
C8	Produção de encomendas de pequenas quantidades	S40	Criação de sistema de "informação/ restrição" em SAP de apoio na proposta de alguns tipos de cartão
Recursos Humanos			
C21	Pouca experiência e noção do cartão	S41	Criação temporária de espaço de tempo conjunto de colaboradores para partilha de informação (chefes de caneladora)
		S42	Avaliar com os chefes de equipa elementos com pouca experiência, definição de aspectos e reforço de formação: - Promover período de tempo de trabalho simultâneo com um operador experiente;
		S43	Manutenção de prática da organização de formação de integração na função a desempenhar

3.2.4.2 Validação das ações propostas

A fase de validação das soluções pretende garantir a viabilidade da sua implementação em termos de recursos (quer seja humanos, financeiros, temporais, etc) e assegurar que não entram em conflito com outros planos de implementação em curso. Como algumas das ações sugeridas acabaram por ir de encontro aos fatores mencionados, decidiu-se fazer uma revisão às mesmas durante sessões de *brainstorming*. Dessa forma, elaborou-se a Tabela 15 onde estão expostas as ações que não foram validadas para este plano de ação em particular e o respetivo motivo.

Tabela 15: Validação das soluções iniciais propostas

Família da Causa	Solução (Nº)	Motivo
Ambiente	S1.2	Ação substituída pela S3
	S6	Inviabilidade de recursos financeiros
Matéria-Prima	S8	Ação em curso no âmbito de outro Plano de Ação
Equipamento	S17	Ação em curso no âmbito de outro Plano de Ação
	S18	Ação em curso no âmbito de outro Plano de Ação
	S19	Ação em curso no âmbito de outro Plano de Ação
Método	S35	Ação em curso no âmbito de outro Plano de Ação

3.2.4.3 Implementação das ações de melhoria

Após a validação das soluções anteriormente definidas, o plano de melhoria foi contemplado com a atribuição de um responsável, data de execução e data de avaliação de conclusão a cada das ações válidas. O Plano de Ação completo poderá ser consultado no Anexo II.

Apesar de todos os esforços, algumas das soluções validadas ainda se encontram em curso enquanto que outras não reuniram todas as condições para iniciarem sequer a sua implementação. A Tabela 16 revela essas mesmas ações e a respetiva justificação.

Tabela 16: Ações em curso/não implementadas

Ações em curso		
Família da Causa	Solução (Nº)	Motivo
Ambiente	S1.3	Análise iniciada mas ainda em curso por parte do Departamento de Produção.
	S2	Condicionada por disponibilidade de produção e de operadores.
Equipamento	S24	A aguardar resposta de fornecedor.
Método	S27	Primeira formação efetuada em Janeiro de 2015. A aguardar agendamento de próxima.
Ações não implementadas		
Família da Causa	Solução (Nº)	Motivo
Equipamento	S12	Elevado custo de material condiciona substituição no início de interferência de encaminhamento de placas.
Método	S30	Indisponibilidade temporal.
	S38	Condicionada por período conturbado em termos de disponibilidade de chefes de máquina, tendo ocorrido por ausência devido a baixa médica.
	S39	Ação adiada. Realizada reunião para uniformização de gamas de papel/cartão entre as fábricas do grupo Zarrinha.
Recursos Humanos	S41	Condicionada por período conturbado em termos de disponibilidade de chefes de máquina, tendo ocorrido por ausência devido a baixa médica.
	S42	

De seguida, considera-se pertinente aprofundar a implementação das soluções referentes às causas-raíz apontadas como prioritárias no processo respetivo.

3.2.4.3.1 Irregular funcionamento do equipamento

Este grupo acaba por aglomerar todas as soluções que surgiram no seguimento de irregularidades que ocorram no equipamento e que são vistas pelos operadores de máquina como fruto de uma gestão pouco clara do Plano de Manutenção existente.

(A) Reunião conjunta entre Departamento de Produção, Departamento de Qualidade e Departamento de Manutenção (S25)

Foi convocada e realizada uma reunião entre a gestão dos três departamentos para averiguar o acompanhamento e resposta dados aos pedidos de ações de manutenção, tanto corretivas como sistemáticas, referentes ao funcionamento da Caneladora. Nesta reunião foram apresentados os *outputs* do projeto até ao

momento, incluindo as propostas de soluções em resposta às causas relacionadas com o Departamento de Manutenção.

Desta reunião, resultaram as seguintes principais conclusões:

- Necessidade de enquadrar maior número de ações preventivas sistemáticas em detrimento de ações corretivas;
- Possibilidade de algumas tarefas no âmbito de manutenção da máquina serem efetuadas pelos seus próprios operadores;
- Instalação da cintadora de duas cabeças na linha de saída de caixas (S9)
- Criação de ordens de trabalho preventivas sistemáticas trimestrais para:
 - Verificação de fugas no sistema pneumático dos patins da mesa de secagem (S10);
 - Verificação de fecho estanque de vapor nas três mesas de secagem (S11);
 - Verificação de paralelismo de rolos da cola nas três onduladoras e coladeira tripla (S13);
 - Verificação de temperatura nas calandras superiores das cassetes e pré-aquecedores (S16);
- Inclusão da verificação de outro parâmetro na *check-list* semanal de manutenção:
 - Limpeza de rolos de encaminhamento do papel na coladeira e corpos de ondular (S20)
- Aprovação de:
 - Substituição da calandra do cartão micro que apresentava desgaste significativo (S14);
 - Substituição dos freios existentes (S23);
 - Apoio de técnico na utilização diferenciada dos aparelhos de leitura, leitura em ponto e por imagem térmica (S15);

Além destas ações, outras foram contempladas pelos departamentos de Planeamento e Produção, como por exemplo a manutenção de prática de planeamento de em mudança de ondas, a sequência iniciar nas maiores larguras e ir decrescendo (S22) – esta nova linha de planear foi introduzida na metodologia do departamento.

3.2.4.3.2 Humidade do Papel

(A) Folha de registo de bobines internas não conforme (S7)

Inicialmente, a informação relativa à alta percentagem ou variações de humidade numa bobine não chegava à Fábrica de Papel nem aos restantes fornecedores. Para alterar esta situação, foi criada uma folha de registo de bobines não conforme de forma a criar bases de gestão, facilitar o processo de reclamação a fornecedor e sensibilizar, em especial, a Fábrica de Papel. (Anexo II).

(B) Reunião com Fábrica de Papel (S29)

Esta ação resultou da pouca clareza na comunicação entre o Departamento de Produção de Cartão e a Fábrica de Papel. Tendo em conta que esta última fornece exclusivamente para o sector de produção de cartão canelado, a partilha de informação deveria ser adquirida e constante. Além disso, esta família de causas acarreta um valor bastante significativo no processo de priorização e tendo em conta que se trata de uma causa com “ante-causas”, achou-se por bem reunir individualmente com seis operadores da Fábrica de Papel para averiguar os motivos que levam ao elevado grau de humidade da bobine e/ou variações de bandas de humidade ao longo da bobine. Estas reuniões foram realizadas pela autora do presente relatório e pela Diretora do Departamento de Qualidade que também controla laboratorialmente a conformidade do papel.

Destas sessões surgiram algumas conclusões e possíveis fatores na fonte do problema, que foram tratadas e posteriormente apresentadas aos responsáveis da Fábrica de Papel da empresa. Dessas reuniões resultou a validação das causas apontadas e a iniciativa, agora em curso, da elaboração e implementação do plano de ação de melhoria no âmbito da redução e estabilização de humidade nas bobines de papel.

3.2.4.3.3 Evolução das encomendas

(A) Reunião conjunta entre chefes de máquina da Caneladora e elementos do Departamento de Planeamento (S28)

Como desenvolvido no capítulo anterior, a evolução das encomendas a nível nacional reflete-se diretamente nas sequências de produção de cartão canelado da Fábrica. Além das encomendas serem várias e de quantidades bastante reduzidas, são também comercializados inúmeros tipos de cartão, o que acaba por dificultar a

constância de produção e impossibilitar a aproximação à padronização processual. Uma solução já pensada há algum tempo consiste na redução dos cartões existentes o que acaba por estar diretamente associado à gestão do Departamento Comercial.

Dessa forma, e focando na possibilidade de minimizar o impacto desta tendência na produção do cartão canelado, organizou-se uma reunião entre os chefes da Caneladora e dois elementos do Departamento de Planeamento. Nesta sessão foram partilhadas sequências de produção mais adequadas ao trabalho do operador de máquina e à minimização de produto não conforme e conseqüente desperdício. Foram também discutidas melhores formas de comunicação e cooperação entre ambos os setores.

3.2.4.3.4 Outras ações de relevância significativa (A) Elaboração de *Failure Mode and Effect Analysis*

Apesar de não estar diretamente relacionada com o cartão com empeno, esta ação surgiu com o objetivo de sensibilizar o Departamento de Manutenção para o impacto que a sua forma de atuação tem no sector de Produção. A Análise de Modo e Efeito de Falha (*FMEA*) foi feita para todos os 206 registos de produto não conforme interno do ano de 2014 e afunilou na identificação dos registos diretamente relacionados com problemas de manutenção das máquinas (Anexo II). Posteriormente a esta identificação, a informação foi tratada e exposta em reunião de apresentação junto do Departamento de Manutenção.

Foi possível compreender que dos registos relacionados com avarias ou incorreto funcionamento do equipamento de transformação, 94% levaram a impressão não conforme, 3% com defeitos no corte e os restantes 3% com outro tipo de inconformidade (Gráfico 10).

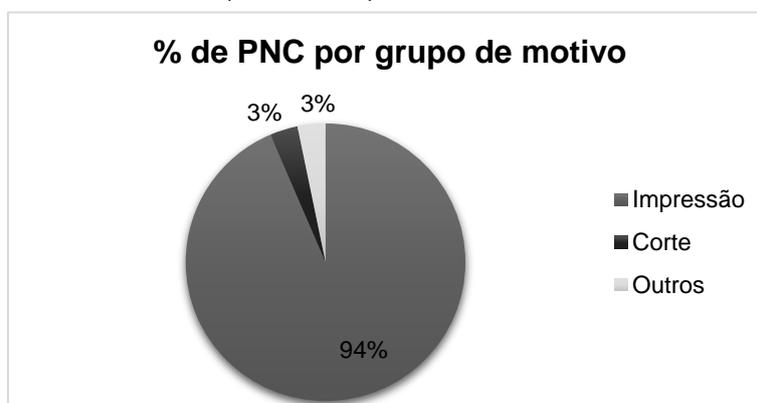


Gráfico 10: Análise das não conformidades registadas devido a incorreto funcionamento do equipamento

O Gráfico 11 representa o número de registos neste âmbito com referência à especificação da causa em questão. Todas elas relacionadas com o incorreto funcionamento do equipamento e a mais frequente associada a falhas de impressora.

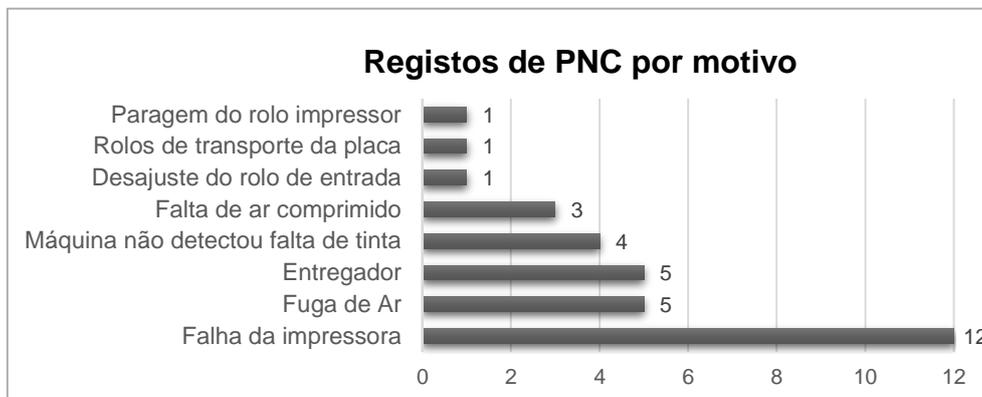


Gráfico 11: Identificação das causas de registos de não conformidade relacionadas com o equipamento

(B) Sessões de apresentação do desempenho em 2014 das principais máquinas

Como resultado da análise modal anteriormente referida, surgiu a ação de melhoria de realização de sessões de apresentação do desempenho em 2014, das principais máquinas transformadoras, aos respetivos operadores. Estas apresentações foram realizadas a oito máquinas e contemplaram registos de produção em placas e em m², tempos de produção e paragem, produto não conforme e erros de etiquetas, entre outros. Em todas as sessões foi facilitado espaço de partilha por parte dos operadores e *brainstorming* para ações de melhorias de casos específicos do seu trabalho diário.

(C) Metodologia de Apoio à Decisão

Apesar de a consciência dos operadores em relação ao cartão com *Warp* durante o projeto ter aumentado consideravelmente, não existia uma metodologia eficaz de aceitação ou rejeição do produto quando era produzido nessas condicionantes na Caneladora. A ferramenta inicial consistia numa régua com uma abertura fixa onde, em caso de dúvida, o operador tentaria inserir a placa de cartão na abertura e caso encaixasse, poderia prosseguir (Anexo II). No entanto, o encaixe do cartão muitas vezes era forçado, invalidando o resultado em si.

Pensou-se então em delinear uma metodologia mais adequada às diferentes características de placas tendo em conta que a % de *Warp* varia consoante a largura da placa (L) e a distância entre o ponto máximo de curvatura e a linha de extremidade da placa (f) (Figura 12).

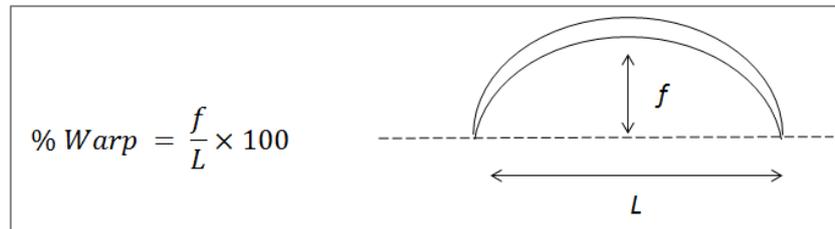


Figura 12: Cálculo do grau de *Warp*

A criação da nova metodologia passou por determinar a % de *Warp* para uma gama alargada de valores de f e de L e, para o intervalo de larguras mais frequentemente produzidas, identificar o valor de $f_{m\acute{a}x}$. Esta informação foi organizada numa tabela de forma a torna-la o mais visual possível (Tabela 17).

A nova metodologia passar por inicialmente verificar o valor de L nos documentos ou *softwares* existentes para consulta da sequência de produção. Posteriormente a isso, devem verificar na tabela (Figura 13) posicionada na cabine de controlo do chefe de máquina da Caneladora, o valor de $f_{m\acute{a}x}$ permitido para a aceitação da placa.



Figura 13: Tabela de controlo de % *Warp* na área da Caneladora

Após a verificação do valor de $f_{m\acute{a}x}$, posiciona-se corretamente a placa da régua exposta na Figura 14 e comprova-se se o valor real é inferior ao máximo valor teórico permitido. Caso isso aconteça, a placa de cartão poderá seguir.



Figura 14: Régua de medição de *Warp*

É importante referir que a % *Warp* permitida varia consoante o destino da placa de cartão canalado, isto é, caso siga como produto final o valor máximo permitido de *warp* é de 4% enquanto que, caso siga para o setor de transformação da fábrica, poderá ter um valor máximo de 6% (Tabela 18). Esta diferenciação foi definida como forma de aproveitamento de material que muitas das vezes consegue ser normalizado nas máquinas transformadoras.

Tabela 18: Demonstração do critério de aceitação de percentagem de *Warp*

Critério de Aceitação (% <i>Warp</i>)	Produto final (Placas)	< 4%
	Produto em curso (Transformação)	< 6%

Tabela 17: Tabela de verificação do valor de $f_{\text{máx}}$ permitido no processo de decisão

% Warp		$f_{\text{máx}}$ (mm)	
		L (mm)	Produto Final (Placas)
200 - 1000	200-250	9	11
	250-300	10	16
	300-350	11	19
	350-400	14	21
	400-450	16	24
	450-500	19	29
	500-550	21	31
	550-600	23	34
	600-650	24	36
	650-700	26	39
	700-750	29	44
	750-800	31	46
	800-850	33	49
	850-900	34	51
	900-950	36	54
950-1000	39	56	
1000 - 2000	1000-1050	41	61
	1050-1100	43	64
	1100-1150	44	66
	1150-1200	46	69
	1200-1250	49	74
	1250-1300	51	76
	1300-1350	53	79
	1350-1400	54	81
	1400-1450	56	86
	1450-1500	59	89
	1500-1550	61	91
	1550-1600	64	94
	1600-1650	66	96
	1650-1700	68	99
	1700-1750	69	-
1750-1800	71	-	
1800-1850	74	-	
1850-1900	75	-	
1900-1950	76	-	
1950-2000	79	-	
2000 - 2500	2000-2050	81	-
	2050-2100	84	-
	2100-2150	86	-
	2150-2200	88	-
	2200-2250	89	-
	2250-2300	91	-
	2300-2350	94	-
	2350-2400	96	-
	2400-2450	98	-
	2450-2500	99	-

3.2.5 **Controlar (Control)**

A fase de Controlo passará por demonstrar o estado atual de alguns indicadores apresentados previamente e fazer referência ao plano de controlo do projeto. Assim, os tópicos abordados serão:

- Estado atual;
- Confronto dos objetivos definidos inicialmente;
- Plano de Controlo.

3.2.5.1 Estado atual

(A) Produção de cartão com *Warp* à saída da Caneladora

Na totalidade de cartão produzido, a percentagem de cartão com empeno tem aumentado desde o início de 2015 mas a média do ano, é de 0,08%, ou seja, menos 0,01% do ano de 2014 (Gráfico 12).

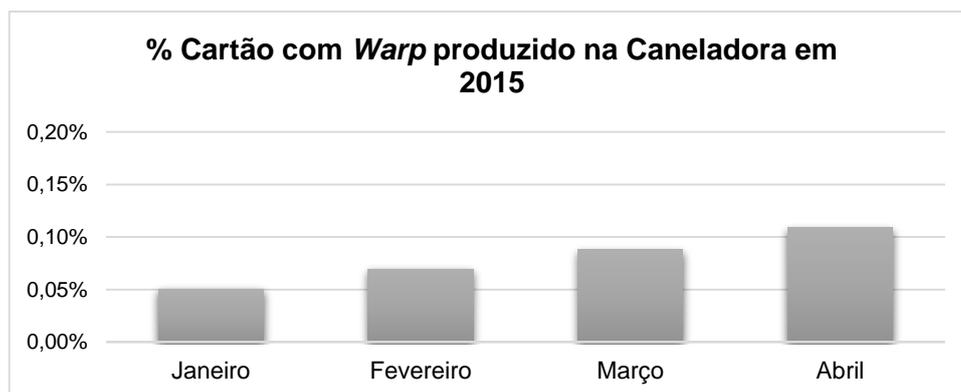


Gráfico 12: Re-cálculo da produção de cartão com *Warp* na totalidade de cartão produzida

(B) Produto não conforme por *Warp* na Transformação

A percentagem de produto não conforme registado pelo motivo de *Warp* foi, no mês de Abril de 2015, de 4,9%. Este parâmetro sofreu uma redução de 6,1% comparativamente com a média do ano de 2014, onde o valor registado foi de 11,0% (Gráfico 13).



Gráfico 8: Re-cálculo do produto não conforme detetado (por tipo)

(C) Paragens por Warp na Transformação

Nos primeiros meses de 2014, a percentagem de paragens derivadas de problemas do cartão nas máquinas transformadoras, em média, aumentou 1% face a 2013.

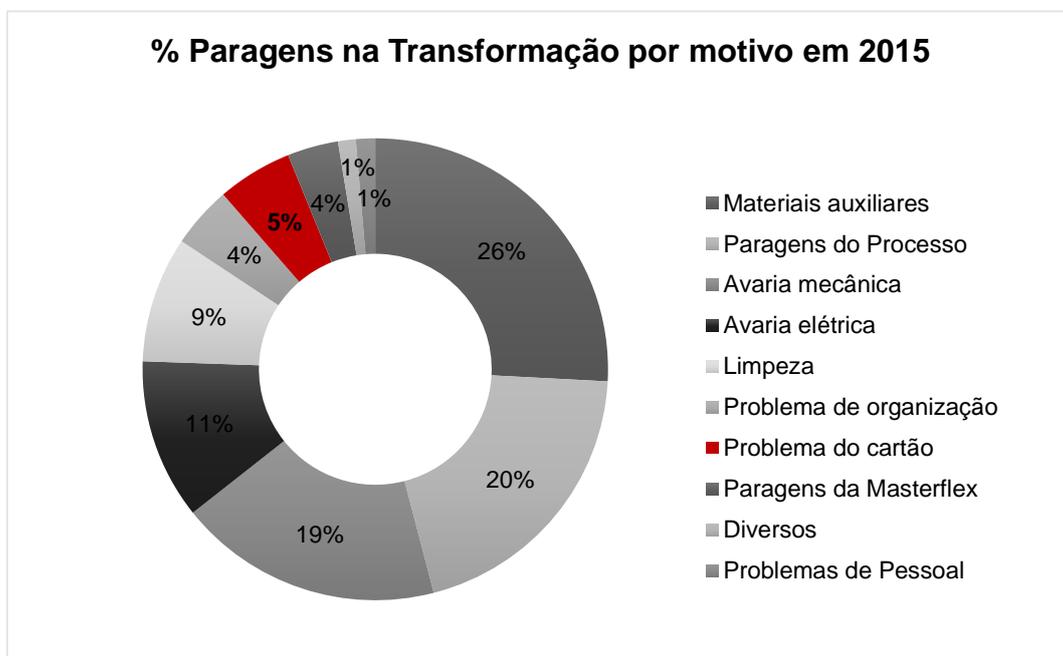


Gráfico 14: Re-cálculo das causas de paragens do setor da Transformação

Contudo, desses 5% de paragens, 3% são referentes a cartão com empeno (Gráfico 14). Este parâmetro tem também registado um decréscimo desde o mês de Março, tendo atingido 2,9% em Abril de 2015 (Gráfico 15).

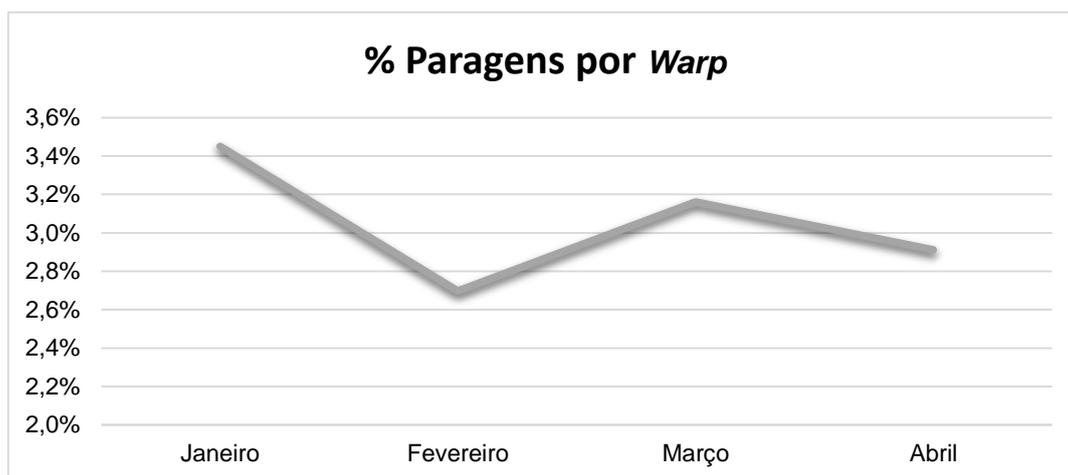


Gráfico 15: Re-cálculo da percentagem de paragens por *Warp* (2015)

(D) Reclamações por *Warp*

Tabela 19: Evolução da percentagem de reclamações devido ao *Warp*

2013	2014	2015
6,1%	4,8%	6,4%

Como se pode observar na Tabela 19, em 2015, a percentagem de reclamações originadas pelo motivo de cartão com *Warp* aumentou 1,6% face ao ano anterior, demonstrando o impacto menos positivo que esta inconformidade ainda representa para o cliente. No entanto, através do Gráfico 16, é possível constatar a tendência decrescente que as reclamações devido ao empeno têm tido desde Fevereiro, tendo presenciado uma redução de aproximadamente 8% no espaço de dois meses.

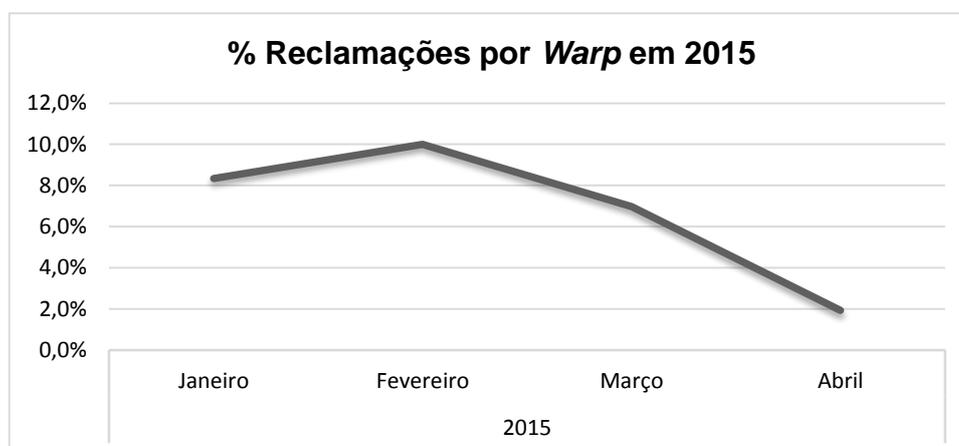


Gráfico 16: Percentagem de reclamações devido ao *Warp* (2015)

(E) Devoluções por *Warp*

A percentagem média de devoluções devido a *Warp* presenciou um aumento bastante significativo nos primeiros meses de 2015, comparativamente com o ano transato (Tabela 20).

Tabela 20: Evolução da percentagem de devoluções devido ao *Warp*

Ano	% Devoluções em m ²	% Devoluções em caixas
2014	23,2%	18,7%
2015	29%	36%

No entanto, à semelhança do parâmetro de reclamações e apesar do aumento geral, a percentagem de devoluções tem registado um decréscimo significativo desde o mês Fevereiro, de aproximadamente 80% tanto em m² como em caixas (Gráfico 17).

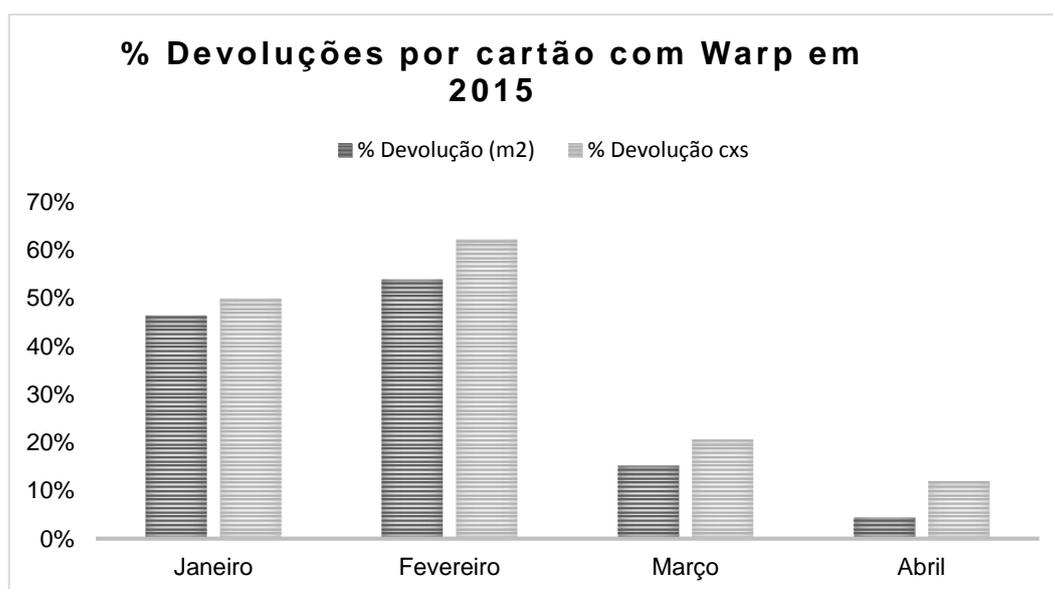


Gráfico 17: Percentagem de devoluções devido ao *Warp* (2015)

Nos meses de Março e Abril, a percentagem de devoluções devido ao *Warp* registou, em m², os valores de 15,2% e 4,4%, respetivamente, representando uma tendência positiva e significativa nesta vertente.

3.2.5.2 Confronto final dos objetivos definidos

A Tabela 21 expõe o estado inicial e final dos indicadores de desempenho medidos, também como os objetivos estipulados no início do capítulo. Os valores iniciais resultam da média dos meses do ano de 2014 enquanto que os valores finais são referentes ao último mês do projeto, ou seja, Abril de 2015.

Tabela 21: *Check-Point* dos objetivos iniciais do projeto

Cliente	Métrica	Key Performance Indicator		
		Inicial	Objetivo	Final
Consumidor Final	% Reclamações por <i>Warp</i>	4,8%	4,0%	1,9%
	% Devoluções por <i>Warp</i>	23,2%	20,0%	4,4%
Sector Transformação	% Paragens por <i>Warp</i>	3,0%	2,0%	2,9%
	% Produto não conforme por <i>Warp</i>	11,0%	10,0%	4,9%
Caneladora	% Cartão com <i>Warp</i> produzido	0,09%	0,08%	0,09%

Exposição dos resultados

Na Caneladora, a percentagem de cartão produzido com empeno manteve-se igual ao valor inicial o que nos indica que esta inconformidade continua a ser origem de desperdício em grande quantidade no sector. Esta situação está diretamente relacionada com o desgaste do rolo de cola que acaba por afetar o equilíbrio da produção e aguarda substituição há algumas semanas. Além disso, parte das principais ações de melhoria encontram-se anexadas a outros departamentos o que impede a eficiência e rapidez da sua implementação, tardando os efeitos da mesma.

Quanto aos objetivos relacionados com o Consumidor Final, isto é, percentagem de reclamações e devoluções originadas por cartão com *warp*, o valor registou um decréscimo significativo uma vez que a consciencialização dos operadores para a inconformidade em si aumentou consideravelmente. Este fator, aliado à criação do método de apoio à decisão do operador, acabou por levar à redução de cartão empenado que segue para o Cliente Final e para o Sector de Transformação.

Em relação aos indicadores referentes ao Sector de Transformação, consegue-se também observar a clara diminuição do cartão empenado detetado internamente e que não segue para o cliente, resultado da filtragem feita na Caneladora. No entanto, as paragens mantiveram-se em comparação ao ponto inicial, o que nos remete para uma re-avaliação da seleção/aprovação das placas feita à entrada da máquina transformadora e para a gestão de manutenção dos equipamentos em que esta situação é mais recorrente.

3.2.5.3 Plano de Controlo

O controlo do projeto e dos parâmetros a ele associados foi sendo realizado através de reuniões de acompanhamento entre os elementos integrantes de forma a compreender o estado da situação atual e dos principais indicadores definidos.

Não foi desenvolvido um Plano de Controlo antes do término do projeto mas existem alguns pontos a serem considerados na elaboração e acompanhamento do mesmo, nomeadamente:

- Determinação de responsáveis pelas ações de melhoria em curso;
- Identificação das ferramentas a serem utilizadas para acompanhar o processo;
- Frequência e duração do acompanhamento do projeto;
- Seleção do método de documentação dos principais resultados, metodologia e pontos de aprendizagem;
- Planeamento de reunião de re-avaliação e possível iniciação de novo projeto para dar continuidade ao terminado ou em âmbito semelhante.

É importante, por fim, dar a conhecer a todos os operadores as mais-valias conseguidas com a abordagem e metodologia utilizadas durante o projeto de forma a sensibilizá-los para novos métodos de trabalho e inculcitar lentamente a filosofia Seis-Sigma dentro da organização. A exposição de exemplos práticos e respetivos sucessos/insucessos poderá ser um bom começo para essa finalidade.

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho surgiu da necessidade da empresa em tornar os seus processos internos mais eficazes através da eliminação de produto não conforme. Achou-se que a abordagem mais apropriada para essa finalidade de redução de variação do processo seria a abordagem Seis-Sigma, com a aplicação da metodologia *DMAIC* (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*).

Durante a fase de Definição do problema, através da análise de todas as não conformidades consideradas pela empresa, optou-se por estudar (e conseqüentemente reduzir) o cartão com *warp* (ou empeno), devido ao impacto transversal que tinha em toda a fábrica e ao crescimento denotado nos últimos meses. De seguida, na fase de Medição, foram recolhidos dados que permitissem compreender a situação da problemática do *warp* no ano de 2014 e reconhecer os parâmetros de comparação. Nesta etapa, apesar de o acesso a informação geral de produção de máquinas (quantidade produzida, paragens, etc) ser bastante facilitado devido ao *software* instalado, detetou-se a inexistência de metodologias de apoio ao operador na validação de placas com empeno na saída da Caneladora, situação esta que foi tida em conta na 4ª etapa. Na etapa de Analisar, através de sessões de *brainstorming* que envolveram vários operadores e vários setores da Fábrica, detetaram-se possíveis causas-raiz do problema que foram agrupadas e organizadas num diagrama de causa-efeito. Com este processo de alargamento da temática na organização, notou-se o início da sensibilização dos colaboradores para o projeto e a satisfação dos mesmos em darem o seu contributo para a resolução de um determinado problema. Como as causas prioritárias estavam diretamente relacionadas com a Fábrica de Papel da empresa, o Departamento de Manutenção e o Departamento de Planeamento, a interação com estas áreas passou a ser obrigatória. Posteriormente, na fase de Melhoria, foram encontradas e validadas soluções das causas detetadas. Algumas das ações não conseguiram ser implementadas o que acabou por comprometer alguns dos resultados do projeto, no entanto, aquelas prioritárias, conseguiram ser executadas. A principal ação implementada passou pela régua de fácil medição do valor de $f_{máx}$ e que permitia ao operador certificar-se se, em casos de dúvida, se a placa contraía um valor de empeno superior ao máximo permitido. Esta é uma metodologia de apoio à decisão e controlo aos valores de *warp* existentes. Inicialmente foi alvo de alguma resistência por parte dos operadores mas posteriormente valorizaram a rapidez e simplicidade do processo.

Os resultados demonstraram que a percentagem de reclamações e de devoluções reduziu bastante face ao valor inicial, registando os valores de 1,9% e 4,4%, respetivamente. Relativamente à Caneladora, a produção de cartão não conforme por *Warp* manteve-se nos 0,09%. Um problema em processo de resolução deve-se ao funcionamento do rolo da cola que aguarda substituição. Esta componente da Caneladora é bastante associada à origem do *warp* caso não esteja devidamente operacional e, portanto, é de extrema importância a sua breve regularização para o combate ao cartão empenado. Quanto ao sector de Transformação, a percentagem de paragens derivadas do cartão com empeno manteve-se igual ao valor registado no início do projeto enquanto que a percentagem de produto não conforme registou melhorias significativas, registando uma redução de 5,1% face ao objetivo inicial.

Tanto este último indicador como as devoluções e reclamações, acabaram por ser beneficiados pela filtragem feita na Caneladora por parte do operador, com o auxílio do sistema de apoio à decisão quanto à rejeição/aceitação do cartão com empeno e a sensibilização do projeto em questão, tornando o panorama final bastante positivo em termos de resultados conseguidos.

O período de tempo disponível e a falta de informação inicial, principalmente no processo de planeamento, acabaram por limitar o natural e eficaz desenvolvimento do projeto, o que acabou por se refletir nos resultados finais.

Propõe-se, no âmbito de melhoria contínua futura, a elaboração e acompanhamento de um plano de controlo de forma a registar o crescimento do projeto. Considera-se ser crucial o controlo mais apertado do grau de *warp* das placas produzidas, através de registo, compreendendo que esta evolução processual deverá ser gradual. Além disso, aconselha-se uma comunicação mais frequente e eficaz com os Departamentos de Papel e de Manutenção para atualização da situação e identificação dos próximos passos. Crê-se ser de extrema importância a exposição de exemplos práticos e de casos de sucesso aos colaboradores de forma a fomentar a sua motivação e aceitação para a utilização futura da filosofia e da abordagem cuja implementação deverá ser seriamente considerada em projetos futuros.

Sem dúvida que a aplicação da metodologia *DMAIC* é mais que vantajosa na resolução de problemas deste género. Este tipo de projetos requer o comprometimento de todos os departamentos envolvidos e bastante tempo, principalmente para as etapas de medição, análise e controlo, o que acaba por tornar o período de sete meses reduzido quando se pretende cumprir todas as fases eficientemente.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referências

Aboura, Z., Talbi, N., Allaoui, S., Benzeggagh, M.L.. *Elastic behaviour of corrugated cardboard: experiments and modelling*. Composite structures. 2004.

Alves, S. *Controlo Estatístico de Processo na Indústria do Cartão Canelado*. 2013.

Ansari, S. M., Fiss, P. C., & Zajac, E. J. *Made to fit: How practices vary as they diffuse*. Academy of Management Review. 2010.

Arumugam, V., Antony, J., Kumar, M., *Linking learning and knowledge creation to project success in Six Sigma projects: Na empirical investigation*. Int. J. Production Economics. 2012.

Athmane, Dr.M., Hichem A., *Process Optimization by DMAIC Approach in Algerian Industry*. International Journal of Management Information Technology. 2013.

Bañuelas, R., Antony, J., Brace, M.. *An Application of Six Sigma to Reduce Waste*. Quality and reliability engineering international. 2005.

Barjaktarovic, L., Jecmenica, D.. *Six Sigma concept*. Acta Technica Corviniensis – Bulletin of Engineering. 2011.

Bunce, M., Wang, L., Bidanda, B.. *Leveraging Six Sigma with industrial engineering tools in crateless retort production*. International Journal of Production Research. 2008.

Cardoso, M., et al. *Propriedades físicas e mecânicas de papéis reciclados utilizados para fabricação de tubetes*. Ciência Florestal. 2012.

Celis, O., García, J.. *Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma*. Estudios gerenciales. 2012.

Cheng, C., Chang, P.. *Implementation of the Lean Six Sigma framework in non-profit organisations: A case study*. Total Quality Management & Business Excellence. 2012.

Figueiredo, A., Evtuguin, D., Saraiva, J.. *Effect of high pressure treatment on structure and properties of cellulose in eucalypt pulps*. Cellulose. 2010.

Gegeckienè, L., Dabkevicius, A., Kibirktis, E.. *Investigations of Corrugated Cardboard Resistance to Static Compression*. Proceedings of 17th International Conference. Mechanika. 2012.

Gijo, E., Scaria, J., Antony, J.. *Application of Six Sigma Methodology to Reduce Defects of a Grinding Process*. Quality and Reliability Engineering Journal. 2011.

Girardier, E. *Continuous Improvement with Industry Standards*. Elsevier. 1998.

Granerud, R., Rocha, R.. *Organisational learning and continuous improvement of health and safety in certified manufacturers*. Safety Science. 2011.

Hoegl, M., Schulze, A., *How to Support Knowledge Creation in New Product Development: An Investigation of Knowledge Management Methods*. European Management Journal. 2005.

- Hung, Duong V., Nakano, Y., Tanaka, F., Hamanaka, D., Toshitaka, U.. *Preserving the strength of corrugated cardboard under high humidity condition using nano-sized mists*. Composite Science and Technology. 2010.
- Ismail, A., Ghani, J., Rahman, M., Deros, B., Haron, C.. *Application of Lean Six Sigma Tools for Cycle Time Reduction in Manufacturing: Case Study in Biopharmaceutical Industry*. Arab J Sci Eng. 2012.
- Koskela, S., Dahlbo, H., Judl, J., Korhonen, M., Niininen, M.. *Reusable plastic crate or recyclable cardboard box? A comparison of two delivery systems*. Journal of Cleaner Production. 2014.
- Kumar, M., Antony, J., Tiwari, M.. *Six Sigma implementation framework for SMEs – a road map to manage and sustain the change*. International Journal of Production Research. 2011.
- Kwak, Y., Anbari, F.. *Benefits, obstacles, and future of six sigma approach*. Technovation. 2006.
- Lee, K., Wei, C.. *Reducing Mold Changing Time by Implementing Lean Six Sigma*. Quality and Reliability Engineering International. 2009.
- Levi, M., Cortesi, S., Vezzoli, C., Salvia, G.. *A Comparative Life Cycle Assessment of Disposable and Reusable Packaging for the Distribution of Italian Fruit and Vegetables*. Packaging technology and science. 2011.
- Lin, C., Chen, F.F., Wan, H., Chen, Y., Kuriger, G. *Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2012.
- Markarian, J.. *What is Six Sigma?*. Reinforced Plastics. 2004.
- Mason, S., Nicolay, C., Darzi, A.. *The use of Lean and Six Sigma methodologies in surgery: A systematic review*. The Surgeon, Journal of the Royal Colleges of Surgeons of Edinburgh and Ireland. 2014.
- Mast, J., Lokkerbol, J.. *An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving*. International Journal Production Economics. 2012.
- McClusky, R.. *The Rise, fall, and revival of six sigma*. Measuring Business Excellence. 2000.
- Mohelska, H., Sokolova, M.. *Organisational culture and leadership – joint vessels?*. Elsevier. 2015.
- Nichols, L. *Increasing competitiveness via continuous improvement*. Metal Finishing. 2010.
- Prashar, A.. *Adoption of Six Sigma DMAIC to reduce cost of poor quality*. International Journal of Productivity and Performance Management. 2014.
- Raghunath, A., Jayathirtha, R.. *Six sigma implementation by indian manufacturing smes - An empirical study*. Academy of Strategic Management Journal. Volume 13. 2014.
- Reichheld, F., Sasser, W.. *Zero defections: quality comes to services*. Harvard business review. pp.105-111. 1989.

Rever, H. *Six Sigma Can Help Project Managers Improve Results*. International Institute for Learning, Inc. 1-5. 2010.

Rohini, R., Mallikarjun, J.. *Six Sigma: Improving the Quality of Operation Theatre*. International Conference on Asia Pacific Business Innovation & Technology Management. 2011.

Srinivasan, K., Muthu, S., Devadasan, S.R., Sugumaran, C.. *Enhancing effectiveness of Shell and Tube Heat Exchanger through Six Sigma DMAIC phases*. 12th Global congress of manufacturing and management. 2014

Talbi, N., Batti, A., Ayad, R., Guo, Y.Q.. *An Analytical homogenization model for finite element modelling of corrugated cardboard*. Composite structures. 2009.

Tenera, A., Pinto, L.C.. *A Lean Six Sigma (LSS) project management improvement model*. 27th IPMA World Congress. 2014.

Yucel, C., Karatas, E., Aydin, Y.. *The Relationship between the Level of Principals' Leadership Roles and Organizational Culture*. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2013.

Bibliografia

CAMERON, Kim *et al*. *Competing Values Leadership*. Cheltenham: Glos, 2014. ISBN – 978 1 78347 711 1.

Webgrafia

SCA, Produção de papel, disponível em: <www.sca.com/Global/Publicationpapers/pdf/Brochures/Papermaking_PT.pdf>, acesso em Abril de 2015.

IPQ, Normalização, disponível em: <<http://www.ipq.pt/>>, acesso em Abril de 2015.

FEFCO, Technical Documents, disponível em: <www.fefco.org/>, acesso em Abril de 2015.

CEPI, Topics, *Recycling*, disponível em: <<http://www.cepi.org/topics/recycling/>>, acesso em Abril de 2015.

ANEXOS

ANEXO I - APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Este projeto foi abraçado pela empresa Fábrica de Papel e Cartão da Zarrinha, S.A., sediada na freguesia de Rio Meão, no concelho de Santa Maria da Feira do distrito de Aveiro (Figura 15). A fábrica opera na produção de bobines de papel através de papel reciclado, na produção de cartão canelado e na transformação do mesmo em embalagens.



Figura 15: Vista da área fabril

A Fábrica de Papel e Cartão da Zarrinha, S.A, pertence ao grupo Zarrinha do qual fazem parte outras duas indústrias que operam no mesmo sector de produção de papel e cartão canelado, denominadas por Sociedade Transformadora de Papéis Vouga Lda. e Oliveira Santos e Irmão Lda. Este grupo foi fundado em 1958 pelo atual presidente do Concelho de Administração, o Srº Orlando Oliveira Santos. Atualmente, o grupo conta com aproximadamente 400 trabalhadores, cerca de 220 apenas na Fábrica de Papel e Cartão da Zarrinha S.A, que trabalham repartidos em vários turnos numa área fabril coberta de cerca de 32.877 m².

Os produtos comercializados pela empresa são as placas de cartão canelado posteriormente adquiridas por indústrias de cartonagens, e as embalagens (caixas) de cartão canelado. As bobines de papel não são comercializadas uma vez que são usadas apenas internamente para produção de cartão canelado. A empresa opera a nível nacional e numa escala menor também a nível internacional.

A Fábrica Zarrinha é fisicamente composta por dois edifícios distintos: o primeiro, respetivo à Administração, Produção de Papel e armazéns, o segundo referente à Produção e Transformação de cartão canelado, Departamento de Planeamento, Departamento de Qualidade, Gabinete de Protótipos de Amostras, Gabinete de Pré-Montagens, Armazéns, entre outras oficinas e armazéns.

A estrutura organizacional da empresa encontra-se apresentada na Figura 16 de forma a ser possível o entendimento relativamente à divisão sectorial. O trabalho em questão foi desenvolvido no Departamento de Produção de Cartão (DPC) com o auxílio dos Departamentos de Qualidade (DQ).

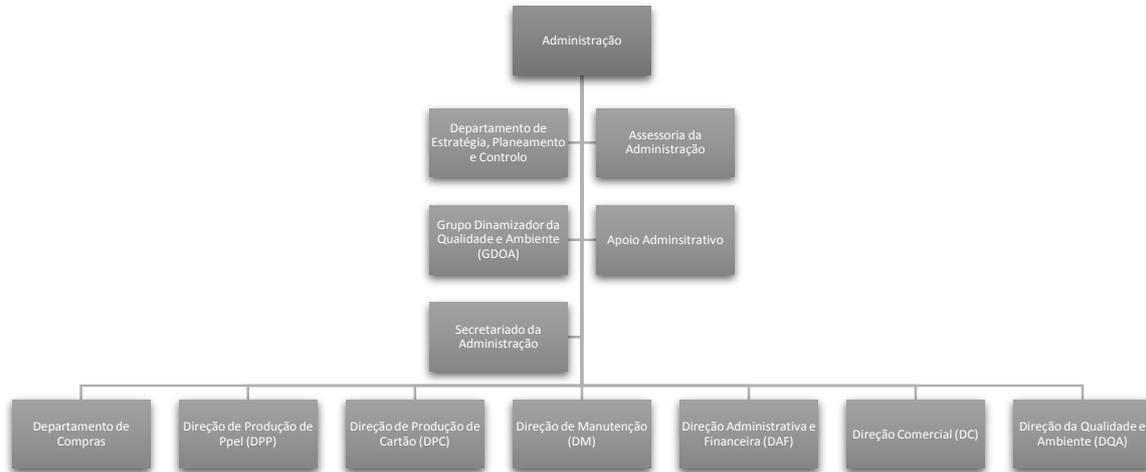


Figura 16: Organigrama da Fábrica de Papel e Cartão da Zarrinha, S.A.

A empresa opera a dois níveis: a produção de bobines de papel através de papel reciclado e também a produção de cartão canelado. O segundo processo conta ainda com dois subprocessos sendo a produção de placas de cartão (através da Caneladora) e na transformação dessas mesmas placas em embalagens de cartão caneladas (Máquinas de Transformação) (Figura 17).

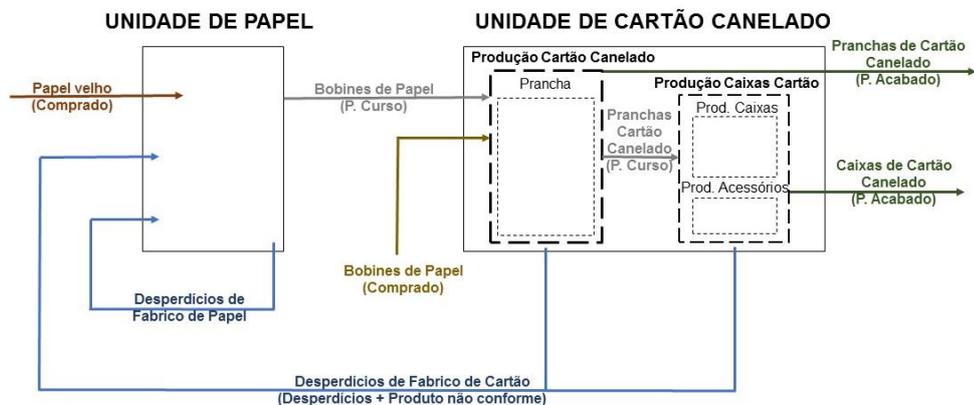


Figura 17: Fluxo produtivo da empresa

A unidade de produção de bobines de papel através de papel reciclado atua exclusivamente para uso interno uma vez que servirá de matéria-prima para o departamento de produção de cartão canelado da mesma empresa. No entanto, tendo em conta as atuais tendências decrescente exigência dos clientes numa maior qualidade do produto comercializado, e ainda o facto de a produção do papel interno não ser suficiente para as necessidades produtivas diárias de cartão canelado, a fábrica vê-se forçada a adquirir externamente bobines de papel de diferentes qualidades e características, para corresponder a essas mesmas expectativas.

A unidade de produção de cartão está atualmente dividida em dois sectores. O primeiro é correspondente à produção de pranchas de cartão que são maioritariamente comercializadas a indústrias cartonageiras, que por sua vez atuam na transformação em embalagens de cartão canelado. Por outro lado, o sector de transformação das pranchas produzidas internamente que conta com embalagens de diferentes características como produto final, consoante os requisitos e exigências do cliente. Estas embalagens sofrem processos intermédios como impressão, corte, vincagem, fecho e embalagem.

No final, tanto as pranchas de cartão canelado como as embalagens de cartão canelado passam pela expedição correspondente, sendo transportadas numa rede interna até ao cliente final.

O presente trabalho focar-se-á no processo de produção de cartão canelado, cuja máquina responsável pelo mesmo é a Caneladora. Esta máquina produz pranchas de cartão que poderão ser comercializadas nesse mesmo estado, ou que podem prosseguir para o sector de transformação da Fábrica, de forma a serem modificadas em embalagens de cartão canelado.

Processo de fabrico do cartão canelado

A Caneladora é considerada a máquina locomotiva da empresa uma vez que todas as operações produtivas estão diretamente dependentes do desempenho da mesma. Com aproximadamente 50 metros de comprimento e cerca de 14 operadores por turno para a sua gestão, o atual equipamento principal da fábrica foi adquirida há 31 anos e desde então tem sido alvo de constantes melhorias e acrescentos de forma a acompanhar as inovações do mercado e dos seus concorrentes.



Figura 18 Vista inicial da Caneladora

Dependendo das características da prancha ou da embalagem solicitada pelo cliente, a Caneladora terá que corresponder a esses mesmos requisitos na diferenciação da produção do respetivo cartão canelado. O cartão poderá ser constituído por diferentes tipos de papel (Tabela 22), por diferentes camadas (Figura 18) ou por diferentes caneluras e consoante essas mesmas particularidades, podem ser introduzidas na máquina entre duas a sete bobines de papel. O número de bobines inseridas é proporcional ao número de camadas de papel pretendidas.

Tabela 22: Tipos de papel utilizados na produção de cartão canelado

	Tipo	Descrição
<i>Liner</i> (Cobertura)	Kraft	Papel feito maioritariamente através de fibra virgem, apresentando boa resistência à água e à humidade, sendo assim de boa qualidade.
	<i>Testliner</i>	Papel proveniente da mistura de papel Kraft com papel reciclado. A sua qualidade e propriedades depende do teor de papel que apresenta de cada um dos tipos. Na Zarrinha, o papel <i>Testliner</i> é 100% proveniente de papel reciclado e é duplex (uma face de cor castanha e a outra de cor branca)
	Reciclado	Papel feito através de papel usado ou velho. Apresenta menor resistência à água, à humidade e portanto uma qualidade menor.
<i>Fluting</i> (Ondulado)	Semi-químico	Papel fabricado através de um processo semi-químico, apresentando características de humidade e de resistência à água intermédias.
	Reciclado	Papel proveniente da mistura de papel Kraft com papel reciclado. A sua qualidade e propriedades depende do teor de papel que apresenta de cada um dos tipos.

No caso do tipo de cartão simples face, uma das bobines corresponderá ao papel de cobertura interior e a outra ao do canelado pretendido. No caso do cartão de dupla face a constituição é semelhante contando também com um outro papel na cobertura exterior, fornecido por uma terceira bobine. Os papéis responsáveis por formar a canelura do cartão circulam através de um sistema de rolos de canelar que, através de ação mecânica, dão a forma ondulada ao papel. A altura de onda do papel varia consoante o tipo de rolo utilizado e atualmente, a fábrica produz as caneluras E, B, C e A. Posteriormente, o ondulado é colado à folha de cobertura ou de divisão de camadas, com o auxílio de uma prensa que permite a sua consolidação, formando assim o modelo de simples face (primário). Em seguida é transportada para uma próxima unidade de colagem onde é acrescentada uma nova cobertura (interior ou exterior), formando a dupla face. Esta etapa do processo poderá prosseguir até se atingir um cartão de dupla-dupla face ou até tripla face. A representação visual dos tipos de cartão poderá ser visualizada na Figura 19.

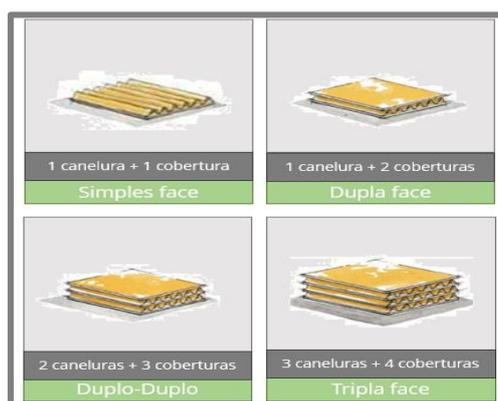


Figura 19 Tipos de cartão canelado

Posteriormente o cartão é secado, solidificando da etapa de colagem, arrefecendo a temperatura, o que permite a sua estabilização. Para finalizar, o cartão encontra-se formado, passando pela etapa de corte e vincagem longitudinal da folha, de forma a obter-se as pranchas com as dimensões requeridas. As pranchas são paletizadas e encaminhadas através de tapetes rolantes para a zona de armazenagem, expedição ou diretamente para o sector de transformação da própria fábrica (Figura 20).



Figura 20: Paletes de pranchas de cartão

De forma a melhor compreender os diferentes tipos de cartão e de canelura, serão apresentadas de seguida as características diferenciadoras de cada um deles.

Cartão simples (ou simples face)

O cartão simples face (Figura 21) é composto por uma folha de papel agregada ao papel canelado (ondulado). Normalmente é a peça base da produção de cartão canelado. Atualmente não é produzido individualmente como produto final mas sim para a produção de outros tipos de cartão mais recorrentes. Não tem elevada resistência nem é o mais apropriado para o embalamento e transporte de produtos.



Figura 21 Cartão canelado simples face

Cartão Duplo (ou dupla face)

O cartão dupla face é composto por duas folhas de papel (uma interior e outra exterior) agregadas ao papel canelado (ondulado). Aproximadamente 66,6 % deste cartão é produzido anualmente na Fábrica, sendo que 9,5%, 16,4% e 40,7% correspondem às caneluras E (Figura 22), B (Figura 23) e C (Figura 24) respetivamente. Permite facilmente o corte e a vincagem do mesmo uma vez que se trata de um cartão com alguma resistência.



Figura 22: Canelura E



Figura 23: Canelura B



Figura 24: Canelura C

O tipo de canelura, e portanto de cartão, varia consoante a amplitude (ou mais usualmente denominado por espessura) da onda de canelado que é produzido. Na Tabela 23 é possível verificar a nomenclatura e as características de cada uma das caneluras.

Tabela 23: Características de cartão duplo

Canelura	Nomenclatura	Nº de ondas por metro	Amplitude da onda (mm)
E	Micro	294	1,25
B	Fino	153	2,55
C	Largo	130	3,71
A	-	-	4,65

Cartão Duplo-Duplo

O cartão duplo-duplo é composto por duas camadas de cartão de dupla face. Este tipo de cartão é constituído por uma cobertura plana interior, uma folha ondulada (canelado), uma cobertura plana intermédia, outra folha ondulada (canelado) e uma cobertura plana exterior. Aproximadamente 33,3% deste cartão é produzido anualmente na Fábrica, sendo que 17,3% diz respeito a cartão BC (Figura 25), 0,4% a cartão BB e 15,6% a cartão EB (Figura 26). Apresenta-se mais resistente que o cartão simples face ou dupla face sendo que é mais utilizado para transportes de maiores distâncias ou para produtos mais frágeis e valiosos.



Figura 25: Canelura BC



Figura 26: Canelura EB

Respetivamente à nomenclatura dos cartões canelados do tipo duplo-duplo, a primeira letra é correspondente à canelura da camada superior (topo da prancha) enquanto que a segunda é referente à canelura da camada inferior (base da prancha) (Tabela 24).

Tabela 24: Características de cartão duplo-duplo

Canelura	Nomenclatura	Amplitude da onda (mm)
EB (E + B)	Micro-duplo	3,80
BB (B + B)	-	5,10
BC (B + C)	Duplo	6,26

Cartão Triplo (ou tripla face)

O cartão tripla face (denominado por canelura BCA) é composto por 7 papéis, ou seja, por 3 camadas de cartão dupla-face sobrepostas (Figura 27) (Tabela 25). Aproximadamente 0,1% deste cartão é produzido anualmente na Fábrica. É sem dúvida o tipo de cartão que apresenta maior resistência e é utilizado, maioritariamente, para transportes e distribuição de produtos da indústria metalomecânica ou como suporte noutras áreas. De referir também que é de sensível produção uma vez que se encontra mais suscetível às falhas mecânicas da Caneladora.



Figura 27: Canelura BCA

Tabela 25: Características de cartão triplo

Canelura	Nomenclatura	Amplitude da onda (mm ²)
BCA	Triplo	10,91

No caso dos diferentes tipos de cartão produzidos, à exceção do cartão de simples face, os papéis de cobertura (interior e exterior) poderão ser de duas cores distintas: castanho e branco, sendo que a primeira é a mais utilizada.

Processo de fabrico das embalagens de cartão canelado

Grande parte das pranchas de cartão canelado proveniente da Caneladora tem como destino o sector de transformação da Fábrica. Existem cerca de 18 máquinas responsáveis pela customização das pranchas de modo a transformá-las em embalagens de cartão canelado, todas elas com capacidades e funções diferenciadas entre si.

Após a saída da Caneladora e paletização das pranchas de cartão, estes são transportadas via empilhadores para zonas de armazenagem intermédia da Fábrica ou diretamente para a máquina transformadora para que seguirá. São quatro os processos de transformação de pranchas de cartão canelado, tal como representado na Figura 28.

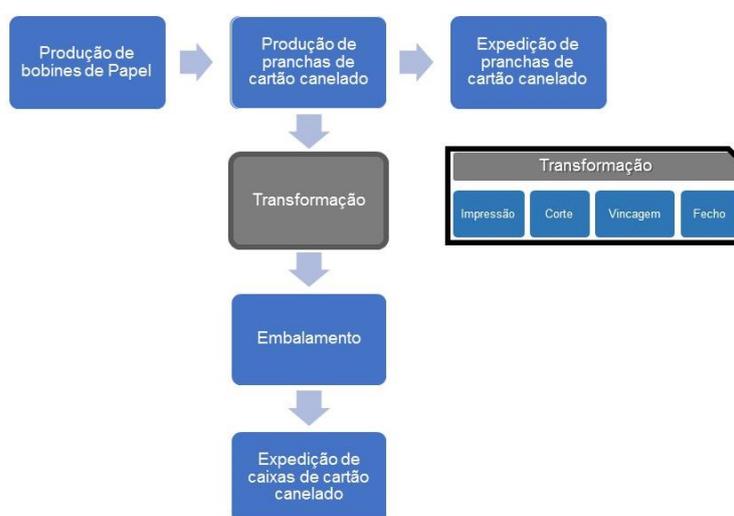


Figura 28 Fluxo das pranchas de cartão canelado

O processo de impressão é dos mais relevantes para a empresa uma vez que é dele que advêm parte dos lucros mas também algumas preocupações devido à sua suscetibilidade para não conformidade. É possível a impressão de uma a seis cores, sendo que usualmente a última é destinada ao verniz de forma a dar o efeito de brilho. De reforçar ainda que existem equipamentos responsáveis pela impressão de alta qualidade que agregam tecnologias mais avançadas de forma a corresponder aos

requisitos do cliente. Tendo em conta as funcionalidades e dimensões das máquinas industriais, a impressão não é feita pelo tradicional método conhecido, mas através de montagens de plástico/resina (chamados de clichés) onde se encontram inseridos carimbos com a imagem a ser impressa, que posteriormente são colocados em rolos cilíndricos constituintes da máquina que ao girarem, apreendem tinta devido ao relevo do carimbo e ao passarem no cartão imprimem a forma pretendida.

Relativamente ao processo de corte, dependendo da máquina em questão, uma prancha poderá originar entre uma a várias caixas, não havendo um limite máximo consoante as dimensões da prancha e as especificações do cliente. A título de exemplo, no período de desenvolvimento deste projeto, o máximo de caixas que uma prancha originou foi de 20 com dimensões de 11,1 cm por 43,6 cm cada. Quanto ao processo de vincagem, este permite salientar as dobras pretendidas na caixa, podendo ainda ser previamente executado na Caneladora durante a produção da prancha de cartão.

Estes dois processos são realizados com o auxílio de ferramentas próprias denominadas por cortantes, podendo ser do tipo curvo (mais produtivos) ou do tipo plano (mais precisos). Os cortantes curvos são inseridos em rolos cilíndricos que ao girarem, permitem efetuar o corte e os respetivos vincos na prancha de cartão. Tanto os cortantes como os clichés (usados na impressão) são numerados e criados consoante as especificações que surjam e armazenados em suportes e prateleiras próprias, respetivamente.

Quanto ao processo de fecho, poderá ser por colagem (aplicação de cola na patilha) ou por agrafamento (aplicação de agrados). Por fim, as caixas são aglomeradas em estivas e posteriormente paletizadas de forma a seguirem por ação de tapetes rolantes ou pela intervenção de empilhadores para a zona de embalamento. Aqui são automaticamente embaladas com filme plástico após o operador colocar uma prancha de cartão protetora no topo da paleta. Seguem também por tapetes rolantes para a expedição onde poderão ser armazenados ou diretamente transportados para o cliente, consoante o prazo de entrega da encomenda.

As principais funcionalidades das máquinas transformadoras encontram-se expostas na Tabela 26.

Tabela 26: Funcionalidades das máquinas de transformação

Nome da Máquina	Número da Máquina	Descrição
Masterflex	06	Impressão de alta qualidade
FFG 1628	12	

SM 618	13	Impressão de no máximo seis cores; Corte; Vincagem; Fecho das caixas usando cola; Cintagem de estivas de caixas; Paletização de estivas. Utilização de cortantes curvos
FFG 924	14	
Slotter	21, 22 e 23	Impressão e corte de caixas
Veja – Coladora Autom.	31	Fecho das caixas através de cola ou agrafos
Rapidex	32	
Coladora/Afragadora Autom	33	Fecho das caixas usando agrafos ou cola
Agraf. Manuais	34	Fecho das caixas usando agrafos
Bobst SPO	42	Impressão de no máximo seis cores; Corte; Vincagem; Paletização das caixas. Máquina 42 utiliza cortantes planos; Máquina 43 e 44 utilizam cortantes curvos. Máquina 44 permite a aplicação de verniz nas caixas
DRO	43	
DRO NTRS	44	
Cortadora de Abas	51	Corte das abas das caixas
Vincadora Automática	61	Vincagem das caixas
Roda	66	Corte de placas em pequenas dimensões
Masterfold	71	Fecho das caixas usando cola
Embaladora manual	80	Aplicação de plástico de embalagem

Controlo de qualidade do papel

Tabela 27: Testes/Ensaio de controlo de qualidade ao papel e respetiva descrição

Especificações	Teste/Ensaio	Descrição
Estruturais	Gramagem	Relação entre o peso de uma amostra e a sua área superficial (g/m ²)
	Espessura	Distância entre as duas faces do papel medida na perpendicular
Humidade	Absorção de Água (Ensaio de Cobb)	Método para determinar a quantidade de água que o papel absorve.
	% de Humidade	Método para determinar a diferença de peso da amostra antes e depois do processo de secagem.
Mecânicas	Resistência ao Rebentamento	Método que indica a “robustez” do papel.

	Resistência ao Rasgamento	Método que indicia a resistência do papel à sua divisão.
	Propriedades de Tração	Determinar a resistência à ruptura, alongamento e energia absorvida durante a ruptura por tração de papéis.
Superfície	Lisura	Princípio da perda de ar através da superfície rugosa de uma determinada amostra.
	Porosidade	Medição do tempo necessário para que um certo volume de ar atravesse, sob pressão constante, uma determinada área de papel.
	Brancura e Opacidade	Principais características óticas do papel obtidas através do processo de branqueamento.

ANEXO II – METODOLOGIA DMAIC

Régua utilizada no início do projeto para a medição do grau *Warp*

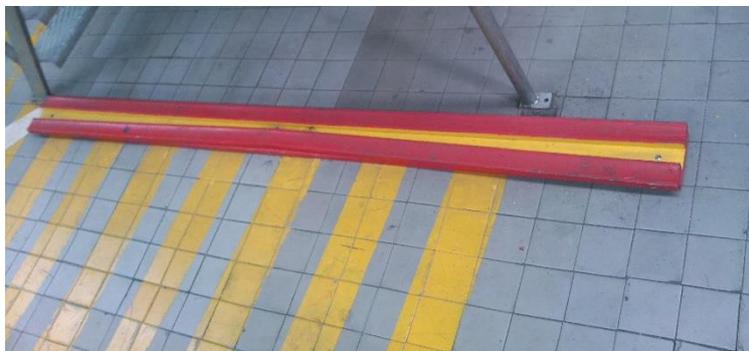


Figura 29: Régua inicial de medição de % *Warp*

Template - Plano de Ação

Tabela 28: Template do Plano de Ação

CAUSA		AÇÃO A IMPLEMENTAR		RESPONSÁVEL		RECURSOS		DATA		EVOLUÇÃO			conc	efic.	OBS	
								Concl.	Eficácia				I	S/N		S/N
Ambiente																
Matéria Prima																
Equipamento																
Método																
Recursos Humanos																

Template - Folha de registo de Bobine de Papel não conforme

 ZARRINHA	REGISTO DE PAPEL NÃO CONFORME - BOBINES	Data: <input type="text"/>
Detecção Nome: <input type="text"/>		
Produto: <input type="checkbox"/> Interno - Zarrinha <input type="checkbox"/> Interno - OSIL <input type="checkbox"/> Externo <input type="text"/>		
Tipo de Papel: <input type="text"/>		Nº de Bobine: <input type="text"/>
Largura: <input type="text"/>		Metros: <input type="text"/>
Descrição da NC <div style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div>		
NC gerada <input type="checkbox"/> Paragem de Máquina <input type="checkbox"/> Substituição de Papel <input type="checkbox"/> Destruição/Reciclagem <input type="checkbox"/> Encaminhado para <i>sandwich</i> <input type="checkbox"/> Redução de Velocidade <input type="checkbox"/> Produção de Cartão não conforme		
Identificado com etiqueta para PNC <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		
Fotografia em Anexo <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		

Figura 30: Template de registo de bobines não conformes

Tabela de verificação de % de Warp

Tabela 29: Cálculo imediato da percentagem de Warp

% Warp		f (mm)																						
		0 - 2,5	2,5 - 5	5 - 7,5	7,5 - 10	10 - 12,5	12,5 - 15	15 - 17,5	17,5 - 20	20 - 22,5	22,5 - 25	25 - 27,5	27,5 - 30	30 - 32,5	32,5 - 35	35 - 37,5	37,5 - 40	40 - 42,5	42,5 - 45	45 - 47,5	47,5 - 50	50 - 52,5	52,5 - 55	55 - 57,5
200 - 1000	200-250	0,56%	1,67%	2,78%	3,89%	5,00%	6,11%	7,22%	8,33%	9,44%	10,56%	11,67%	12,78%	13,89%	15,00%	16,11%	17,22%	18,33%	19,44%	20,56%	21,67%	22,78%	23,89%	25,00%
	250-300	0,45%	1,36%	2,27%	3,18%	4,09%	5,00%	5,91%	6,82%	7,73%	8,64%	9,55%	10,45%	11,36%	12,27%	13,18%	14,09%	15,00%	15,91%	16,82%	17,73%	18,64%	19,55%	20,45%
	300-350	0,38%	1,15%	1,92%	2,69%	3,46%	4,23%	5,00%	5,77%	6,54%	7,31%	8,08%	8,85%	9,62%	10,38%	11,15%	11,92%	12,69%	13,46%	14,23%	15,00%	15,77%	16,54%	17,31%
	350-400	0,33%	1,00%	1,67%	2,33%	3,00%	3,67%	4,33%	5,00%	5,67%	6,33%	7,00%	7,67%	8,33%	9,00%	9,67%	10,33%	11,00%	11,67%	12,33%	13,00%	13,67%	14,33%	15,00%
	400-450	0,29%	0,88%	1,47%	2,06%	2,65%	3,24%	3,82%	4,41%	5,00%	5,59%	6,18%	6,76%	7,35%	7,94%	8,53%	9,12%	9,71%	10,29%	10,88%	11,47%	12,06%	12,65%	13,24%
	450-500	0,26%	0,79%	1,32%	1,84%	2,37%	2,89%	3,42%	3,95%	4,47%	5,00%	5,53%	6,05%	6,58%	7,11%	7,63%	8,16%	8,68%	9,21%	9,74%	10,26%	10,79%	11,32%	11,84%
	500-550	0,24%	0,71%	1,19%	1,67%	2,14%	2,62%	3,10%	3,57%	4,05%	4,52%	5,00%	5,48%	5,95%	6,43%	6,90%	7,38%	7,86%	8,33%	8,81%	9,29%	9,76%	10,24%	10,71%
	550-600	0,22%	0,65%	1,09%	1,52%	1,96%	2,39%	2,83%	3,26%	3,70%	4,13%	4,57%	5,00%	5,43%	5,87%	6,30%	6,74%	7,17%	7,61%	8,04%	8,48%	8,91%	9,35%	9,78%
	600-650	0,20%	0,60%	1,00%	1,40%	1,80%	2,20%	2,60%	3,00%	3,40%	3,80%	4,20%	4,60%	5,00%	5,40%	5,80%	6,20%	6,60%	7,00%	7,40%	7,80%	8,20%	8,60%	9,00%
	650-700	0,19%	0,56%	0,93%	1,30%	1,67%	2,04%	2,41%	2,78%	3,15%	3,52%	3,89%	4,26%	4,63%	5,00%	5,37%	5,74%	6,11%	6,48%	6,85%	7,22%	7,59%	7,96%	8,33%
	700-750	0,17%	0,52%	0,86%	1,21%	1,55%	1,90%	2,24%	2,59%	2,93%	3,28%	3,62%	3,97%	4,31%	4,66%	5,00%	5,34%	5,69%	6,03%	6,38%	6,72%	7,07%	7,41%	7,76%
	750-800	0,16%	0,48%	0,81%	1,13%	1,45%	1,77%	2,10%	2,42%	2,74%	3,06%	3,39%	3,71%	4,03%	4,35%	4,68%	5,00%	5,32%	5,65%	5,97%	6,29%	6,61%	6,94%	7,26%
	800-850	0,15%	0,45%	0,76%	1,06%	1,36%	1,67%	1,97%	2,27%	2,58%	2,88%	3,18%	3,48%	3,79%	4,09%	4,39%	4,70%	5,00%	5,30%	5,61%	5,91%	6,21%	6,52%	6,82%
	850-900	0,14%	0,43%	0,71%	1,00%	1,29%	1,57%	1,86%	2,14%	2,43%	2,71%	3,00%	3,29%	3,57%	3,86%	4,14%	4,43%	4,71%	5,00%	5,29%	5,57%	5,86%	6,14%	6,43%
	900-950	0,14%	0,41%	0,68%	0,95%	1,22%	1,49%	1,76%	2,03%	2,30%	2,57%	2,84%	3,11%	3,38%	3,65%	3,92%	4,19%	4,46%	4,73%	5,00%	5,27%	5,54%	5,81%	6,08%
950-1000	0,13%	0,38%	0,64%	0,90%	1,15%	1,41%	1,67%	1,92%	2,18%	2,44%	2,69%	2,95%	3,21%	3,46%	3,72%	3,97%	4,23%	4,49%	4,74%	5,00%	5,26%	5,51%	5,77%	
1000 - 2000	42,5 - 45	4,27%	4,51%	4,76%	5,00%	5,24%	5,49%	5,73%	5,98%	6,22%	6,46%	6,71%	6,95%	7,20%	7,44%	7,68%	7,93%	8,17%	8,41%	8,66%	8,90%	9,15%	9,39%	9,63%
	45 - 47,5	4,07%	4,30%	4,53%	4,77%	5,00%	5,23%	5,47%	5,70%	5,93%	6,16%	6,40%	6,63%	6,86%	7,09%	7,33%	7,56%	7,79%	8,02%	8,26%	8,49%	8,72%	8,95%	9,19%
	47,5 - 50	3,89%	4,11%	4,33%	4,56%	4,78%	5,00%	5,22%	5,44%	5,67%	5,89%	6,11%	6,33%	6,56%	6,78%	7,00%	7,22%	7,44%	7,67%	7,89%	8,11%	8,33%	8,56%	8,78%
	50 - 52,5	3,72%	3,94%	4,15%	4,36%	4,57%	4,79%	5,00%	5,21%	5,43%	5,64%	5,85%	6,06%	6,28%	6,49%	6,70%	6,91%	7,13%	7,34%	7,55%	7,77%	7,98%	8,19%	8,40%
	52,5 - 55	3,57%	3,78%	3,98%	4,18%	4,39%	4,59%	4,80%	5,00%	5,20%	5,41%	5,61%	5,82%	6,02%	6,22%	6,43%	6,63%	6,84%	7,04%	7,24%	7,45%	7,65%	7,86%	8,06%
	55 - 57,5	3,43%	3,63%	3,82%	4,02%	4,22%	4,41%	4,61%	4,80%	5,00%	5,20%	5,39%	5,59%	5,78%	5,98%	6,18%	6,37%	6,57%	6,76%	6,96%	7,16%	7,35%	7,55%	7,75%
	57,5 - 60	3,30%	3,49%	3,68%	3,87%	4,06%	4,25%	4,43%	4,62%	4,81%	5,00%	5,19%	5,38%	5,57%	5,75%	5,94%	6,13%	6,32%	6,51%	6,70%	6,89%	7,08%	7,26%	7,45%
	60 - 62,5	3,18%	3,36%	3,55%	3,73%	3,91%	4,09%	4,27%	4,45%	4,64%	4,82%	5,00%	5,18%	5,36%	5,55%	5,73%	5,91%	6,09%	6,27%	6,45%	6,64%	6,82%	7,00%	7,18%
	62,5 - 65	3,07%	3,25%	3,42%	3,60%	3,77%	3,95%	4,12%	4,30%	4,47%	4,65%	4,82%	5,00%	5,18%	5,35%	5,53%	5,70%	5,88%	6,05%	6,23%	6,40%	6,58%	6,75%	6,93%
	65 - 67,5	2,97%	3,14%	3,31%	3,47%	3,64%	3,81%	3,98%	4,15%	4,32%	4,49%	4,66%	4,83%	5,00%	5,17%	5,34%	5,51%	5,68%	5,85%	6,02%	6,19%	6,36%	6,53%	6,69%
	67,5 - 70	2,87%	3,03%	3,20%	3,36%	3,52%	3,69%	3,85%	4,02%	4,18%	4,34%	4,51%	4,67%	4,84%	5,00%	5,16%	5,33%	5,49%	5,66%	5,82%	5,98%	6,15%	6,31%	6,48%
	70 - 72,5	2,78%	2,94%	3,10%	3,25%	3,41%	3,57%	3,73%	3,89%	4,05%	4,21%	4,37%	4,52%	4,68%	4,84%	5,00%	5,16%	5,32%	5,48%	5,63%	5,79%	5,95%	6,11%	6,27%
	72,5 - 75	2,69%	2,85%	3,00%	3,15%	3,31%	3,46%	3,62%	3,77%	3,92%	4,08%	4,23%	4,38%	4,54%	4,69%	4,85%	5,00%	5,15%	5,31%	5,46%	5,62%	5,77%	5,92%	6,08%
	75 - 77,5	2,61%	2,76%	2,91%	3,06%	3,21%	3,36%	3,51%	3,66%	3,81%	3,96%	4,10%	4,25%	4,40%	4,55%	4,70%	4,85%	5,00%	5,15%	5,30%	5,45%	5,60%	5,75%	5,90%
	77,5 - 80	2,54%	2,68%	2,83%	2,97%	3,12%	3,26%	3,41%	3,55%	3,70%	3,84%	3,99%	4,13%	4,28%	4,42%	4,57%	4,71%	4,86%	5,00%	5,14%	5,29%	5,43%	5,58%	5,72%
	80 - 82,5	2,46%	2,61%	2,75%	2,89%	3,03%	3,17%	3,31%	3,45%	3,59%	3,73%	3,87%	4,01%	4,15%	4,30%	4,44%	4,58%	4,72%	4,86%	5,00%	5,14%	5,28%	5,42%	5,56%
	82,5 - 85	2,40%	2,53%	2,67%	2,81%	2,95%	3,08%	3,22%	3,36%	3,49%	3,63%	3,77%	3,90%	4,04%	4,18%	4,32%	4,45%	4,59%	4,73%	4,86%	5,00%	5,14%	5,27%	5,41%
	85 - 87,5	2,33%	2,47%	2,60%	2,73%	2,87%	3,00%	3,13%	3,27%	3,40%	3,53%	3,67%	3,80%	3,93%	4,07%	4,20%	4,33%	4,47%	4,60%	4,73%	4,87%	5,00%	5,13%	5,27%
87,5 - 90	2,27%	2,40%	2,53%	2,66%	2,79%	2,92%	3,05%	3,18%	3,31%	3,44%	3,57%	3,70%	3,83%	3,96%	4,09%	4,22%	4,35%	4,48%	4,61%	4,74%	4,87%	5,00%	5,13%	
90 - 92,5	2,22%	2,34%	2,47%	2,59%	2,72%	2,85%	2,97%	3,10%	3,23%	3,35%	3,48%	3,61%	3,73%	3,86%	3,99%	4,11%	4,24%	4,37%	4,49%	4,62%	4,75%	4,87%	5,00%	
2000 - 2500	82,5 - 85	4,14%	4,26%	4,38%	4,51%	4,63%	4,75%	4,88%	5,00%	5,12%	5,24%	5,36%	5,48%	5,60%	5,72%	5,84%	5,96%	6,08%	6,20%	6,32%	6,44%	6,56%	6,68%	
	85 - 87,5	4,04%	4,16%	4,28%	4,40%	4,52%	4,64%	4,76%	4,88%	5,00%	5,12%	5,24%	5,36%	5,48%	5,60%	5,72%	5,84%	5,96%	6,08%	6,20%	6,32%	6,44%	6,56%	
	87,5 - 90	3,85%	3,97%	4,08%	4,20%	4,31%	4,43%	4,54%	4,66%	4,78%	4,89%	5,01%	5,12%	5,24%	5,35%	5,47%	5,58%	5,70%	5,81%	5,93%	6,04%	6,15%	6,27%	
	90 - 92,5	3,85%	3,97%	4,08%	4,20%	4,31%	4,43%	4,54%	4,66%	4,78%	4,89%	5,01%	5,12%	5,24%	5,35%	5,47%	5,58%	5,70%	5,81%	5,93%	6,04%	6,15%	6,27%	
	92,5 - 95	3,76%	3,88%	3,99%	4,10%	4,21%	4,33%	4,44%	4,55%	4,66%	4,78%	4,89%	5,01%	5,12%	5,24%	5,35%	5,47%	5,58%	5,70%	5,81%	5,93%	6,04%	6,15%	6,27%
	95 - 97,5	3,68%	3,79%	3,90%	4,01%	4,12%	4,23%	4,34%	4,45%	4,56%	4,67%	4,78%	4,89%	5,01%	5,12%	5,24%	5,35%	5,47%	5,58%	5,70%	5,81%	5,93%	6,04%	6,15%
	97,5 - 100	3,60%	3,71%	3,82%	3,92%	4,03%	4,14%	4,25%	4,36%	4,47%	4,58%	4,69%	4,80%	4,91%	5,02%	5,13%	5,24%	5,35%	5,46%	5,57%	5,68%	5,79%	5,90%	6,01%
	2000-2050	3,53%	3,63%	3,74%	3,84%	3,95%	4,05%	4,16%	4,27%	4,38%	4,49%	4,60%	4,71%	4,82%	4,93%	5,04%	5,15%	5,26%	5,37%	5,48%	5,59%	5,70%	5,81%	5,92%
2050-2100	3,45%	3,56%	3,66%	3,76%	3,87%	3,97%	4,07%	4,18%	4,29%	4,40%	4,51%	4,62%	4,73%	4,84%	4,95%	5,06%	5,17%	5,28%	5,39%	5,50%	5,61%	5,72%	5,83%	
2100-2150	3,38%	3,48%	3,59%	3,69%	3,79%	3,89%	3,99%	4,10%	4,21%	4,32%	4,43%	4,54%	4,65%	4,76%	4,87%	4,98%	5,09%	5,20%	5,31%	5,42%	5,53%	5,64%	5,75%	
2150-2200	3,30%	3,40%	3,50%	3,60%	3,70%	3,80%	3,90%	4,00%	4,10%	4,20%	4,30%	4,40%	4,50%	4,60%	4,70%	4,80%	4,90%	5,00%	5,10%	5,20%	5,30%	5,40%	5,50%	
2200-2250	3,22%	3,32%	3,42%	3,52%	3,62%	3,72%	3,82%	3,92%	4,02%	4,12%	4,22%	4,32%	4,42%	4,52%	4,62%	4,72%	4,82%	4,92%	5,02%	5,12%	5,22%	5,32%	5,42%	
2250-2300	3,14%	3,24%	3,34%	3,44%	3,54%	3,64%	3,74%	3,84%	3,94%	4,04%	4,14%	4,24%	4,34%	4,44%	4,54%	4,64%	4,74%	4,84%	4,94%	5,04%	5,14%	5,24%	5,34%	
2300-2350	3,06%	3,16%	3,26%	3,36%	3,46%	3,56%	3,66%	3,76%	3,86%	3,96%	4,06%	4,16%	4,26%	4,36%	4,46%	4,56%	4,66%	4,76%	4,86%	4,96%	5,06%	5,16%	5,26%	
2350-2400	2,98%	3,08%	3,18%	3,28%	3,38%	3,48%	3,58%	3,68%	3,78%	3,88%	3,98%	4,08%	4,18%	4,28%	4,38%	4,48%	4,58%	4,68%	4,78%	4,88%	4,98%	5,08%	5,18%	
2400-2450	2,90%	3,00%	3,10%	3,20%	3,30%	3,40%	3,50%	3,60%	3,70%	3,80%	3,90%	4,00%	4,10%	4,20%	4,30%	4,40%	4,50%	4,60%	4,70%	4,80%	4,90%			

