



Utilização de ferramentas de melhoria contínua na conceção de projeto automóvel

MARIA INÊS FERNANDES BENTO

novembro de 2018

UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE MELHORIA CONTÍNUA NA CONCEÇÃO DE PROJETO AUTOMÓVEL

Maria Inês Fernandes Bento
1141355

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE MELHORIA CONTÍNUA NA CONCEÇÃO DE PROJETO AUTOMÓVEL

Maria Inês Fernandes Bento
1141355

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação de Maria Teresa Ribeiro Pereira.

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

JÚRI

Presidente

Doutoramento, Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutoramento, Maria Teresa Ribeiro Pereira
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutoramento, Ângela Maria Esteves da Silva
Professor Adjunto, Instituto Politécnico de Viana do Castelo

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à minha orientadora, Teresa Pereira, pela ajuda que me deu na realização deste trabalho. Não posso deixar de agradecer aos engenheiros Francis Monteiro e David Pires pela ajuda que me deram no percurso pela Sodecia. E, finalmente, agradeço aos meus pais por acreditarem e apoiarem todo o meu percurso académico.

PALAVRAS-CHAVE

Seis Sigma, DMAIC, DFSS, *Gate*, DFMA, DFMEA

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido em contexto empresarial para a Sodecia SGPS Participações Sociais S.A., consistindo no desenvolvimento da aplicação da ferramenta seis sigma para a avaliação global do estado dos projetos nas fases de desenvolvimento e conceção (*gate 2 e 3*). O objetivo é a avaliação do atual modelo de gestão de projetos usando a ferramenta Seis Sigma no indicador *Customer Satisfaction (CS)*, que faz parte da gestão de Projetos da empresa Sodecia SGPS Participações Sociais S.A. de forma a obter sempre o resultado ótimo, 100%.

Para tal, fez-se uma introdução teórica às ferramentas seis sigma e à gestão de projeto automóvel. Posteriormente, houve um filtro e recolha de dados do indicador CS e calculou-se o sigma dos dados recolhidos utilizando a metodologia *Define, Measure, Analyse, Improve, Design and Verify (DMADV)*. Usando o intervalo de valores que o CS pode ter para obter o resultado pretendido aplicou-se a ferramenta seis sigma. Da ferramenta seis sigma resultou o valor do desvio-padrão para que os resultados obtidos estejam dentro do esperado, e foram impostos limites máximos para que se trabalhe confortavelmente dentro do seis sigma. Caso haja um alerta de incumprimento destes limites, podem ser tomadas medidas corretivas e preventivas para não haver uma reincidência sobre o problema. Ao ter sido imposto um limite de controlo, e mesmo que tenham sido tomadas ações corretivas e preventivas, continua-se a trabalhar dentro dos parâmetros do seis sigma.

Por fim, usando a fórmula de cálculo do CS obtiveram-se os resultados desejáveis do *Quality Control* e do *Time To Market* para o intervalo de valores dentro do seis sigma com os devidos limites de controlo.

KEYWORDS

Six Sigma, DMAIC, DFSS, Gate, DFMA, DFMEA

ABSTRACT

This work was developed in a business context for Sodecia SGPS Participações Sociais S.A., consisting the development of the six sigma tool's application for the global evaluation of the state of the projects in the development and design phases (gate 2 and 3). The objective is to evaluate the current project management model using the Six Sigma tool in the Customer Satisfaction (CS) indicator, which is part of the project management of the company Sodecia SGPS Participações Sociais SA in order to always obtain the optimal result, 100% .

To this end, a theoretical introduction to six sigma tools and automobile project management was made. Subsequently, there was a filter and data collection of the CS indicator and the sigma of the collected data was calculated using the Define, Measure, Analyse, Improve, Design and Verify (DMADV) methodology. Using the range of values that CS can have to obtain the optimum result the six sigma tool was applied. From the six sigma tool the value of the standard deviation for the results obtained is within the expected. Maximum limits were imposed to work comfortably within the six sigma. If there is an alert for non-compliance with these limits, corrective and preventive measures may be taken to avoid recurrence of the problem. When having been imposed a control limit and even if corrective and preventive actions have been taken, it continues to work within the Six Sigma parameters.

Finally, using the CS calculation formula, we obtained the maximum results from Quality Control and Time To Market for the range of values within the six sigma with the appropriate control limits.

In this work we study the management of existing projects and how to implement tools for continuous improvement in them.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

AIAG	<i>Automotive Industry Action Group</i>
BOM	<i>Bill of Materials</i>
BOP	<i>Bill of Processes</i>
BPM	<i>Business Process Management</i>
CTQ	<i>Critical to Quality</i>
CS	<i>Customer Satisfaction</i>
DFMA	<i>Design for manufacturing and assembly</i>
DFMEA	<i>Design for manufacturing effect and assembly</i>
DFSS	<i>Design for Six Sigma</i>
DMADV	<i>Define, Measure, Analyse, Design and Verify</i>
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyse, Improve, Control</i>
IDOV	<i>Identify, Design, Optimise and Validate</i>
IpB	<i>Incidents per Billion</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LSL	<i>Lower Spec Limits</i>
MAIC	<i>Measure, Analyse, Improve, Control</i>
MBB	<i>Master Black Belts</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PI	Proposta de Investimento
PLM	<i>Product Lifecycle Management</i>
PO	Proposta de Orçamento
PPM	<i>Parts Per Million</i>
QC	<i>Quality Control</i>
SOP	<i>Standard Operation Procedure</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
TTM	<i>Time to Market</i>
VOC	<i>Voice of Customer</i>

Lista de Símbolos

σ	Sigma
μ	Média

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Kickoff</i>	Início
<i>Voice of customer</i>	Processo para adquirir os requerimentos ou <i>feedbacks</i> do cliente
<i>Noise Factors</i>	Parâmetros que influenciam a variação do sistema
<i>Lean</i>	Abordagem que procura sistematicamente pequenas alterações nos processos com objetivo de melhorar a eficiência e qualidade do sistema
<i>Market share</i>	Porção do mercado controlado por uma empresa particular ou produto
<i>Release</i>	Lançamento do produto

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – GRÁFICO DE PLANEAMENTO DE PRODUTO (CHRYSLER LLC, FORD MOTOR COMPANY, 1994)	7
FIGURA 2 – DISTRIBUIÇÃO NORMAL A 2 LADOS	26
FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO NORMAL 1 LADO	26

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - SUBFASES <i>GATE</i> 2	21
TABELA 2 - SUBFASES <i>GATE</i> 3	22
TABELA 3 - RESULTADOS DO CS DO <i>GATE</i> 2 PARA O ANO DE 2017	25
TABELA 4 - RESULTADOS DO CS DO <i>GATE</i> 3 PARA O ANO DE 2017	25
TABELA 5 - RESULTADOS DA MÉDIA E DO DESVIO-PADRÃO DO CS	27
TABELA 6 - RESULTADOS MÍNIMOS DO CS	27
TABELA 7 - RESULTADOS DE Z PARA O CS	27
TABELA 8 – COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS REAIS E OS DADOS DEPOIS DA ANÁLISE COM 6σ	29
TABELA 9 – CORRESPONDÊNCIA ENTRE AS FASES DA METODOLOGIA DMADV E OS SUBCAPÍTULOS DO TRABALHO	29
TABELA 10 - RESULTADOS <i>CUSTOMER SATISFACTION STATUS GATE</i> 2	41
TABELA 11 - RESULTADOS <i>CUSTOMER SATISFACTION STATUS GATE</i> 3	45

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	2
1.1	Contextualização	3
1.2	Objetivo	3
1.3	Metodologia	3
1.4	Apresentação da empresa	4
1.5	Estrutura do relatório	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1	Apresentação das fases do projeto	7
2.1.1	Desenvolvimento do produto	8
2.2	Apresentação de Melhoria Contínua	11
2.2.1	Seis Sigma	11
2.2.2	DMAIC	14
2.2.3	DFSS	14
2.2.4	Formação e Recursos humanos	16
3	DESENVOLVIMENTO	20
3.1	Apresentação dos tipos de projetos	20
3.2	Fases dos projetos	20
3.2.1	Subfases da <i>Gate 2</i> e <i>Gate 3</i>	21
3.3	Análise dos indicadores	23
3.3.1	Apresentação dos indicadores	23
3.3.2	Cálculo do indicador <i>Customer Satisfaction CS</i>	23
3.3.3	Intervalo de resultados	24
3.3.4	Resultados <i>Customer Satisfaction Status</i>	24
3.3.5	Resultados do indicador <i>Customer Satisfaction</i>	24
3.4	Estudo da distribuição normal	26
3.4.1	Resultados da distribuição normal para o indicador	27
3.4.2	Aplicação da ferramenta seis sigma	27
3.4.3	Limites de Controlo	28
3.4.4	Limites máximos do QC e do TTM	28
3.4.5	Correspondência entre as fases DMADV e subcapítulos	29

3.5	Conclusões	30
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	33
4.1	CONCLUSÕES	33
4.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS	34
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	37
6	ANEXOS	41
6.1	Anexo 1	41
6.2	Anexo 2	45

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2 OBJETIVO

1.3 METODOLOGIA

1.4 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

1.5 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

1 INTRODUÇÃO

Numa altura em que a indústria é cada vez mais competitiva, dinâmica, interativa e em constante evolução, a adaptação a esta nova realidade é uma necessidade para que as empresas se consigam manter dentro da área de negócio. A globalização e a oferta de serviços estão a obrigar as empresas a inovarem rapidamente as suas técnicas de gestão. Atualmente as empresas não só estão orientadas para a vendas dos produtos como têm em consideração a necessidades e satisfação dos clientes que são cada vez mais exigentes em qualidade e rapidez e também sensíveis aos preços, obrigando as empresas a uma eficiente e sustentável gestão do ciclo de vida do produto.

O *Product Lifecycle Management* (PLM), um processo de gestão de todo o ciclo de vida do produto, não só ajuda na organização, desenvolvimento e conceção do produto como gere os custos e vendas do mesmo.

Não é só fundamental uma sustentável gestão do ciclo de vida do produto como é necessário que se façam melhorias nos processos de gestão e de conceção.

A obtenção dessas melhorias obriga ao uso de ferramentas de melhoria contínua. Cada vez mais as empresas utilizam a ferramenta seis sigma que tem em vista a melhoria sistemática dos processos até à sua eliminação. As melhorias nos processos passam pela sua uniformização, ou seja, não há variações. A uniformização dos processos leva à eliminação de defeitos e falhas, tendo um impacto direto na qualidade do produto que, por sua vez, se manifesta na satisfação do cliente. Como tal, os custos de produção do produto irão baixar e a margem de lucro será maior. Tudo isto torna o ciclo de vida do produto mais eficiente e sustentável.

1.1 Contextualização

Atualmente uma das preocupações das empresas é a sustentabilidade e, em geral, tem três focos, o Social, o Económico e o Ambiental, e as empresas que se tornarem sustentáveis necessitam que os seus processos sejam não só eficazes como eficientes. Desta forma, conseguem manter o seu nível de competitividade, melhoram a sua imagem perante as partes interessadas e, ao mesmo tempo reduzem os seus custos, aumentando desta forma os seus lucros.

As ferramentas de melhoria contínua são utilizadas para tornar os processos mais eficientes.

É neste âmbito que se pretende fazer um estudo do impacto de como as ferramentas de melhoria contínua podem influenciar a gestão de projetos na fase de conceção e desenvolvimento.

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do curso de Mestrado de Engenharia Mecânica – Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto e foi realizado na Sodecia SGPS Participações Sociais S.A., sede do grupo Sodecia, localizada na Maia. O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Sistemas de Qualidade e Gestão de Projetos.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é a avaliação do atual modelo de gestão de projetos usando a ferramenta Seis Sigma no indicador *Customer Satisfaction (CS)*, que faz parte da gestão de Projetos da empresa Sodecia SGPS Participações Sociais S.A. de forma a obter sempre o resultado óptimo, 100%.

1.3 Metodologia

Para o presente trabalho foram utilizadas as metodologias *Design For Six Sigma (DFSS)* e o *Define, Measure, Analyse, Improve, Design and Verify (DMADV)*.

1.4 Apresentação da empresa

A Sodecia é um Grupo Industrial que opera a nível mundial como fornecedor *full service* no ramo automóvel, nomeadamente em produtos como *Body In White*, *Powertrain*, *Safety & Interiors* e *Tools & Equipments*. Possui cerca de 5000 colaboradores distribuídos por 42 localizações e com um faturamento anual de 760 milhões de euros. A Sodecia SGPS Participações Sociais S.A. é a sede do Grupo, situada na Maia, atualmente com 31 pessoas. Engloba os Departamentos de Recursos Humanos, ITK, Financeiros, Legal e Qualidade e Projetos.

1.5 Estrutura do relatório

O presente relatório encontra-se dividido em quatro importantes partes. Além deste primeiro capítulo, de considerações gerais, apresentam-se mais três, estando estes bem definidos.

No segundo capítulo apresenta-se um enquadramento teórico das fases do projeto e gestão das mesmas. Também são apresentadas várias ferramentas de melhoria contínua.

No terceiro capítulo apresentam-se as fases do projeto, o indicador e os resultados do indicador para o ano de 2017 que existem na Sodecia. Além disso, descreve-se o problema e faz-se uma implementação da ferramenta seis sigma ao problema exposto.

Por fim, no capítulo quarto apresentam-se as conclusões do problema exposto.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 APRESENTAÇÃO DAS FASES DO PROJETO

2.2 APRESENTAÇÃO DE MELHORIA CONTÍNUA

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Apresentação das fases do projeto

De acordo com a AIAG (*Automotive Industry Action Group*), o projeto automóvel está dividido pelas cinco fases apresentadas na Figura 1 (Chrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motors Corporation, 1994). As fases do projeto estão dependentes de uma linha temporal, neste caso é arbitrária. As fases *Product Design & Development* e *Product Design & Development* poderão estar a acontecer simultaneamente com a fase *Product & Process Design Validation* ficando ao critério da equipa do projeto.

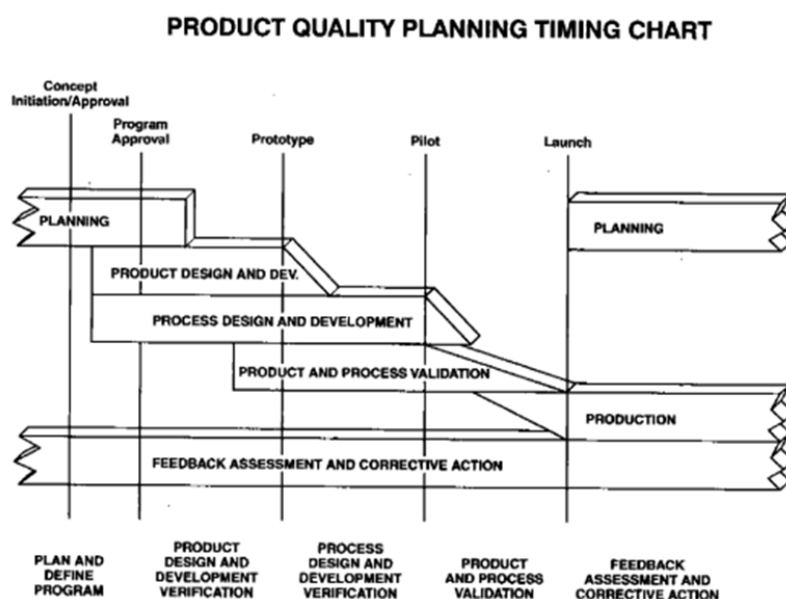


Figura 1 – Gráfico de Planeamento de Produto (Chrysler LLC, Ford Motor Company, 1994)

Na Figura 1 podemos ver as diferentes fases do projeto automóvel. Verifica-se que a linha temporal é arbitrária e que é necessário haver um feedback e ações corretivas desde o conceito do projeto até ao lançamento para produção em série.

A gestão destas fases é feita por *gate*. Uma *gate* ocorre como uma meta na calendarização do projeto, onde a equipa de projeto revê os conteúdos e os deriváveis das fases. No final de cada *gate* é decidido se o projeto segue para a próxima *gate*. A

equipa tem de observar, rever, medir, quantificar, avaliar e criticar o projeto para determinar se o mesmo está num ponto em que gestores do mesmo decidem se este continua para a próxima fase ou se é rejeitado. Os *outputs* são revistos para verificar se eles cumprem os requerimentos dos *inputs* da fase seguinte. Assim que a equipa completa uma *gate*, a próxima *gate* começa sem reversão para a anterior. Os *outputs* de uma fase são os *inputs* da fase seguinte (Automotive Industry Action Group, 1997). É de notar que não se pode dissociar a qualidade e a programação de projetos. No *Product design & Development* e *Process Design & Validation* têm de cumprir especificações que o cliente exige (Margineanu, Prostean, & Popa, 2015).

2.1.1 Desenvolvimento do produto

A equipa de desenvolvimento do produto é composta por diferentes áreas de engenharia que são necessárias para o desenvolvimento e implementação do produto. Durante a fase de desenvolvimento do produto, o problema mais crítico é a disponibilidade de recursos. Apesar de não haver *deriváveis* nesta fase, o cliente também participa. (IPMA Global Standard, 2016)

2.1.1.1 Objetivos da fase

O objetivo da conceção do produto é cumprir as expectativas do cliente. A conceção do produto ocorre durante a fase de desenvolvimento.

Durante a conceção propriamente dita, a reutilização do trabalho pode trazer vários benefícios sendo eles:

1. A duração dos *lead times*, pois já existem *assemblies*, códigos e procedimentos;
2. A Poupança nos custos de material devido ao aumento de volume;
3. A consistência no processo de manufatura (pouca variabilidade de produtos e suporte);
4. Fornecimento de um histórico da mitigação de risco para os *sub-assemblies*, código, etc.

É possível haver uma conceção modular que permite a reutilização. Esta abordagem modular permite que estas partes seja usadas repetidamente.

Os processos de produção também podem ser reutilizados, o que minimiza a criação de uma nova linha de equipamentos.

Tudo isto ajuda à minimização dos riscos associados a esta fase.

Nesta fase pode haver também uma verificação de engenharia nos aspetos propostos para as soluções de conceção (Pries & Quigley, 2009).

2.1.1.2 O início

A fase de início pode ocorrer durante a fase de início do projeto *Voice-of-Customer* ou pode ter um início único. Se este for um início separado então só se irá falar sobre o desenvolvimento do produto. Para este propósito irá identificar-se este processo como o início das atividades de conceção, e pode haver uma reunião *kickoff* (Automotive Industry Action Group, 1997).

2.1.1.3 Planeamento

Na fase de planeamento, considera-se que a melhor forma de atingir os objetivos durante a conceção do produto, é necessário ter em conta os recursos, o tempo, o material e os custos. Esta fase assegura que o trabalho desenvolvido passa pelas atividades de qualidade como as revisões da conceção, revisões de código e outros controlos (Project Management Institute, 2008).

2.1.1.4 Implementação

Durante a implementação do projeto escolhe-se o design e o desenvolvimento do produto, e criam-se especificações de engenharia detalhadas. As especificações das fases anteriores servem como inputs desta fase que inclui alguns testes ou verificação

de conceitos, mas centra-se principalmente na criação de atividades relacionadas com qualidade.

De acordo com o AIAG os *outputs* desta fase são os seguintes (Automotive Industry Action Group, 1997) :

- DFMEA (*Design Failure Mode and Effect Analysis*);
- DFMA (*Design for manufacturing and assembly*);
- *Design verification* (verificação do projeto);
- *Design reviews* (revisões do projeto);
- Planos de controlo para construção de protótipo;
- Desenhos de engenharia;
- Especificações de engenharia.

2.1.1.5 Regulamentação

Para se saber se o projeto está a correr como o esperado, é necessário o *feedback* de revisões de projetos e de procedimentos como, por exemplo, DFMA e DFMEA. Para assegurar a qualidade do produto, são utilizados sistemas e *softwares* de revisão. A conceção e desenvolvimento do produto são feitos a partir de testes nos componentes e testes de engenharia. Dependendo dos resultados dos testes, pode haver ações corretivas que levam ao conceito de conceção. Nesta fase, é necessário determinar se o projeto está a atingir os objetivos com as devidas ações corretivas (Pries & Quigley, 2009).

2.1.1.6 Conclusão

Na conclusão é dada uma revisão dos deriváveis que foram determinados durante a fase inicial e assegurados durante o planeamento e construção na fase de implementação com os devidos resultados das atividades de controlo. Neste processo pode haver revisões de contrato, auditorias nas entregas de fornecedores e revisões do que foi entregue durante a fase de implementação (Pries & Quigley, 2009).

Devem-se colocar as seguintes questões (Chrysler LLC, Ford Motor Company, 1994):

- Os resultados das atividades de DFMA foram aceitáveis?

- Houve revisão da conceção? São de qualidade aceitável? Estão suficientemente aceitáveis?

- Os desenhos estão disponíveis?

- Existe um plano de controlo aceitável?

2.2 Apresentação de Melhoria Contínua

A melhoria contínua é um processo que permite identificar oportunidades para otimização do trabalho e reduzir desperdícios. A melhoria contínua é uma ferramenta do *Business Process Management* (BPM) (Martins & Zacarias, 2017). Com este processo pretende-se atingir resultados cada vez melhores, sejam eles de produtos, serviços ou processos. Para atingir os resultados esperados é necessário analisar, estudar e melhorar o processo. É de notar que esta prática exige continuidade, o que torna este processo cíclico. Quando se está a iniciar a implementação do processo de melhoria contínua, o primeiro passo é perceber o que é que necessário melhorar e, neste ponto, pode-se melhorar o processo principal (*core business*) ou os processos secundários. Posteriormente, é preciso detalhar os processos que irão ser submetidos à melhoria contínua. Depois do processo escolhido ter sido detalhado, irá medir-se o desempenho do mesmo através dos *Key performance Indicators* (KPIs). E, por último, deve-se padronizar o processo, de forma a obter sempre os mesmos resultados.

Existem diversas metodologias de melhoria contínua, sendo elas:

- Ciclo PDCA;
- RADAR *Matrix*;
- Seis Sigma (DMAIC e DFSS).

Para o propósito deste trabalho, apenas se irá falar em Seis Sigma.

2.2.1 Seis Sigma

O Seis Sigma reduz defeitos e falhas, identifica programas estratégicos de melhoria contínua que estão definidos por estágios, e usa ferramentas estatísticas e de gestão. Tem como principal objetivo a redução da variabilidade de processos indesejados e os maus desempenhos dos produtos além dos custos associados com os mesmos. Tudo isto é para melhorar a satisfação do cliente e aumentar o *market share*.

2.2.1.1 Origem do seis sigma

Em meados dos anos 80, o Seis Sigma deixou de ser um conceito estatístico para ser uma metodologia de resolução de problemas. Esta mudança iniciou-se na *Motorola*, na divisão das comunicações. Houve a ideia de reduzir o número de falhas dos produtos durante o processo de manufatura para haver uma melhoria do desempenho depois dos produtos serem entregues aos clientes. Esta ideia foi pensada, pois havia evidências que os produtos reparados na linha de produção tinham uma maior probabilidade de falha durante o uso, comparativamente aos produtos que não sofreram reparações, os quais tinham uma expectativa de vida maior e melhores desempenhos. O relatório '*The Strategic Vision for Accelerating Six Sigma Within Motorola*' é um desenvolvimento estratégico para a qualidade onde ficou desenvolvida a ferramenta MAIC (*measure, analyse, improve, control*).

O programa de melhoria que a *Motorola* adotou durante os anos de 1987 e 1997 conseguiu reduzir custos até 13 mil milhões de dólares e aumentou a produtividade dos colaboradores em 204%.

No início dos anos 90 do século XX, o programa de Seis Sigma já tinha sido adotado pela *IBM*, *Texas Instruments* e *DEC*.

Foi na GE que se deu a evolução de MAIC para DMAIC, em que incluiu a fase 'Definir' como primeiro passo.

O Seis Sigma começou-se a utilizar noutras indústrias, sem ser de eletrónica, depois de 1995.

Em 2001 foi desenvolvido o Seis Sigma para a conceção de produto (DFFS – *Design for Six Sigma*).

A mais recente evolução é o *Lean Seis Sigma* (De Castro, 2012).

2.2.1.2 Variações em produtos e processos

Nenhum processo produtivo gera dois produtos com características exatamente iguais. Isto deve-se, pois, ao número de variação de fontes que atua sempre sobre o processo. A variação observada nos produtos pode ter origem em dois tipos de fatores, sendo estes os fatores de controlo e *noise factors* (Barone, S., & Lo Franco, 2012). Os fatores

de controlo são *inputs* que são introduzidos no processo e em que se pode controlar a atividade, já os *noise factors* são *inputs* do processos e não são controláveis.

A variação das características do produto pode representar-se graficamente usando o conceito da função de probabilidade massa/densidade que melhor se adequa aos dados. Esses dados dizem respeito a uma variável, a qual pode ter características quantitativas ou características qualitativas.

Se a característica observada pode ser modelada numa variável Gauss, os valores são distribuídos simetricamente à volta de um valor central (a média) e a sua função de probabilidade vai diminuindo conforme se vai afastando do valor central. A distância medida no eixo horizontal entre a média (μ) e o ponto de inflexão da curva é o desvio padrão (σ). A média e o desvio padrão dão respetivamente a localização e o índice de dispersão da variável. A função de densidade de probabilidade representa uma possível produção no momento t , ou seja, é uma vista instantânea dos resultados obtidos e que podem ser obtidos no processo que está a ser analisado. Ao mudar o instante da observação, a dispersão e a forma da distribuição podem variar. Nestes casos o fenómeno da variação do produto está associado à variação do processo. No primeiro caso, o fenómeno é inevitável e pode limitar-se através do ajuste dos fatores de controlo e da sua relação com os *noise factors*. Já no segundo caso pode minimizar-se a variação do processo ao evitar as causas especiais de variação, mas o processo estará sempre sujeito a um pequeno número de causas, causas comuns, que apresentam uma distribuição estável e repetível com o decorrer do tempo (Barone, S., & Lo Franco, 2012).

2.2.1.3 Significado de seis sigma

Seis sigma significa seis vezes sigma, ou seja, em termos estatísticos a letra Grega σ usualmente indica o desvio padrão de uma variável aleatória. σ é o índice de dispersão de uma distribuição, quer ela seja empírica ou teórica, e descreve a variabilidade da característica em estudo relativamente a um valor central de referência, μ . Na distribuição de Gauss, se for considerada toda a possibilidade de valores ($\mu - 6\sigma$, $\mu + 6\sigma$) então estamos a falar praticamente de toda a população em estudo (Barone, S., & Lo Franco, 2012).

2.2.2 DMAIC

O DMAIC é uma metodologia usada na ferramenta Seis Sigma. DMAIC é um acrónimo para *Define, Measure, Analyse, Improve e Control*, e estas fases estão interligadas.

- **Definir** através da identificação, priorização, e seleção do projeto correto;
- **Medir** as características do processo-chave, o âmbito dos parâmetros e as suas performances;
- **Analisar** através da identificação das causas-chave e os processos determinantes;
- **Melhorar** através da alteração de processos e otimização de performances;
- **Controlar** as alterações implementadas e verificar as melhorias no processo de qualidade (Smętkowska & Mrugalska, 2018).

Para controlo de projetos, o DMAIC usa processos por *gate*. Os critérios para uma fase particular são definidos e revistos e, se os critérios forem atingidos, então o projeto segue para a fase seguinte. Resumindo, se não se consegue medir um processo, então este não foi definido. O DMAIC necessita de um processo definido para poder haver desenvolvimento de ações, o que leva à melhoria e à sustentabilidade da Qualidade (Tenera & Pinto, 2014).

O DMAIC é sistemático porque se baseia em factos e tem um enquadramento rigoroso nos resultados da gestão de projetos, porém é de notar que há uma melhoria na sua utilização quando os processos são flexíveis e são eliminados passos não produtivos. Por esta razão, deve ter-se uma abordagem iterativa (Sokovic, M., Pavletic, D., & Pipan, 2010).

2.2.3 DFSS

O *Design for Six Sigma* (DFSS) é uma metodologia que tem uma abordagem sistemática e estruturada durante a criação de novos produtos ou design de processos que se focam na prevenção de problemas e defeitos. O DFSS tem como objetivo cumprir ou suplantando todas as necessidades dos clientes e dos *outputs* CTQ (*Critical to Quality*) do produto quando é feita a primeira *release*. O principal objetivo do DFSS é conceber corretamente à primeira tentativa.

O sistema consiste numa série de ferramentas, recolha de dados de engenharia, métodos estatísticos que serão utilizados durante o desenvolvimento do produto. O DFSS requer que o uso das ferramentas seja rigoroso e que sejam utilizadas as melhores práticas a fim de satisfazer as necessidades dos clientes e que simultaneamente tragam benefícios fiscais.

Uma característica fundamental do DFSS é a verificação, o que a diferencia do seis sigma (Sokovic, M., Pavletic, D., & Pipan, 2010).

O DFSS aplica-se na fase de conceção e desenvolvimento do produto, processo ou serviço. A utilização do DFSS durante a conceção de novos produtos ou processos não substitui os métodos de engenharia em uso e não é impedimento para que a empresa deixe de perseguir os níveis de excelência de engenharia e de desenvolvimento do produto. O DFSS adiciona uma nova dimensão ao desenvolvimento do produto. Ajuda o processo na invenção, desenvolvimento, otimização e transferência de novas tecnologias na programação da conceção do produto. A metodologia DFSS tem resultados qualitativos e quantitativos através da gestão dos parâmetros críticos dos requerimentos dos produtos que são pedidos pelo cliente (*VOC - Voice of Customer*) (Mitchell & Kovach, 2016).

A conceção para o Seis Sigma está incluída no contexto do processo-chave de negócio, nomeadamente no processo de desenvolvimento do produto; contém muitas ferramentas e as melhores práticas que podem ser seletivamente implementadas durante as fases do processo de desenvolvimento do produto. Especificamente, o DFSS integra os três grandes elementos táticos que ajudam a atingir os principais objetivos de negócio, ou seja, baixo custo, alto nível de qualidade e um ciclo de vida rápido durante o desenvolvimento do produto.

O desenvolvimento do processo necessita de ser claro e flexível, ter um portefólio de desenvolvimento e ferramentas de conceção balanceados, ter as melhores práticas e haver um uso disciplinar dos métodos de gestão de projetos.

O DFSS evita a contagem de falhas e medições das funções reais, onde se foca a equipa de engenharia. O resultado do modelo fundamental pode ser praticado, analisado e verificado estatisticamente.

Defeitos e tempo até à falha não são as principais medidas do DFSS, que usa variáveis contínuas, os quais são indicadores líderes que medem e otimizam as respostas de função crítica que impedem os defeitos e falhas que têm como causas variáveis a produção e a entrega. É necessário prevenir o problema, não esperar que este ocorra, e só depois reagir. O uso do DFSS é ultimamente financeiro.

As metodologias mais frequentemente utilizadas são o DMADV (*Define, Measure, Analyse, Design and Verify*) e o IDOV (*Identify, Design, Optimise and Validate*) (Mitchell & Kovach, 2016). O DMADV é descrito como sendo o próximo passo do DMAIC (Seis Sigma) e que pode levar a uma abordagem mais genérica.

O DFSS é um processo a longo prazo que requer processos e é dispendioso. Assim sendo, deve ser usado com cuidado, apenas em projetos vitais especialmente se forem projetos de conceção de novos produtos. Não se deve iniciar um projeto DFSS sem o cliente, exige o empenho da gestão de topo e uma equipa, de preferência com formação em Seis Sigma (Sokovic, M., Pavletic, D., & Pipan, 2010).

2.2.4 Formação e Recursos humanos

É necessário haver recursos humanos adequados para poder haver uma possível implementação de um projeto Seis Sigma. É o principal requerimento para o *Total Quality Management* (TQM) e Estatística. Em Grandes Empresas onde o Seis Sigma é adotado, vários cargos são identificados para formar uma ‘infraestrutura’ que garanta a implementação do Seis Sigma ao longo do tempo. Essa estrutura é caracterizada pelos seguintes níveis hierárquicos:

- *The Executive Leadership* – é usualmente dada ao CEO e outros membros seniores de gestão para que estes possam criar a visão Seis Sigma e garanti-la com o passar do tempo. Estas pessoas necessitam de garantir que os outros cargos têm a liberdade e recursos para tomar as ações necessárias para *melhorar* (Swain, Cao, & Gardner, 2018).
- *The Champions* – são selecionados pela liderança dentro dos cargos de gestão de topo. A sua principal função é desenvolver uma estratégia de forma integrada

do Seis Sigma dentro de várias funções de negócio e monitorizar a implementação ao longo do tempo.

- *The Master Black Belts (MBB)* – são recursos da empresa que trabalham a tempo inteiro para Seis Sigma, e podem ter uma ou mais áreas de negócio. São selecionados pelos *Champions* para os acompanharem e para assegurarem a formação e a orientação dos *Black Belts* e dos *Green Belts*. Os MBB são especialistas em Seis Sigma, são capazes de identificar, selecionar e aprovar projetos e supervisionar o seu desenvolvimento e finalização. Têm de assegurar a aplicação das técnicas estatísticas e de gestão de forma correta e rigorosa.
- *Black Belts* – são colaboradores da organização que trabalham a tempo inteiro em Seis Sigma. Trabalham sob a orientação dos MBB para aplicarem o Seis Sigma em projetos específicos, ou seja, são executores do mesmo. Usualmente têm uma equipa de *Green Belts* para trabalharem na resolução de problemas.
- *Green Belts* – são colaboradores da organização que trabalham a tempo parcial no projeto Seis Sigma, que acumulam com as suas funções e outras responsabilidades. Seguem projetos sob a orientação dos *Black Belts* (Barone, S., & Lo Franco, 2012).

DESENVOLVIMENTO

3.1 APRESENTAÇÃO DOS TIPOS DE PROJETOS

3.2 FASES DOS PROJETOS

3.3 ANÁLISE DOS INDICADORES

3.4 ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL

3 DESENVOLVIMENTO

O caso em estudo foi feito na sede da empresa, Sodecia SGPS Participações Sociais S.A.. Pelo trabalho se desenvolver na sede é necessário analisar os dados em estudo a nível global, considerando todas as empresas do grupo.

A recolha de dados foi feita através de documentação já existente.

3.1 Apresentação dos tipos de projetos

A empresa Sodecia tem vários tipos de projetos *Product Lifecycle Management* (PLM) nomeadamente:

- *New Product – Bill to Print;*
- *Capacity Increase;*
- *Engineering changes;*
- *New Equipments;*
- *New Product – Product Development.*

Para o propósito deste trabalho apenas se irá falar sobre o tipo de projeto PLM *New Product – Bill to Print*.

3.2 Fases dos projetos

Os projetos PLM *New Product – Bill to Print* estão divididos em diversas fases. As fases são as seguintes:

- *Gate 0 – Sales;*
- *Gate 1 – Kickoff;*
- *Gate 2 – Design Release;*

- *Gate 3 – Process Release;*
- *Gate 4 – Pre-Series;*
- *Gate 5 – Series Release;*
- *Gate 6 – Handover.*

O projeto é atribuído à empresa na *Gate 1*. De acordo com a Figura 1 a fase de *Product Design & Development* será a fase *Gate 2* e a fase *Process Design & Development* será a fase *Gate 3*.

Como foi dito no ponto 2.1 as fases *Gate 2 - Product Design & Development* e fase *Gate 3 - Process Design & Validation* podem estar e decorrer em simultâneo. Na Sodecia a fase *Process Design & Validation* é desenvolvida na fase *Gate 4*.

Para efeitos de realização do trabalho apenas focar-se-à as fases *Gate 2* e *3*.

3.2.1 Subfases da *Gate 2* e *Gate 3*

Na Tabela 1 podemos identificar as subfases do *Gate 2*.

Como se mostra na Tabela 1, é no *Gate 2* que é feito o design e desenvolvimento do produto. É criada o *Bill Of Process* e as especificações do produto que irão ser *inputs* do *Gate 3*. No final do *Gate 2* é feita uma reunião em que os diretores e gestores de projetos decidem se o projeto em questão segue para a fase seguinte, *Gate 3*. Na Tabela 2 podemos identificar as subfases do *gate 3*.

Tabela 1 - Subfases *Gate 2*

<i>Gate 2 - Design Release</i>	<i>Input</i>	<i>Output</i>	<i>Documento?</i>
<i>Prepare/Analyze DFMEA</i>	Não	Sim	Sim
<i>Perform Customer Tech Reviews</i>	Não	Sim	Sim
<i>Prepare Process FMEA</i>	Não	Sim	Sim
<i>Prepare Control Plan</i>	Não	Sim	Sim
<i>Define Internal Packaging Specifications</i>	Não	Sim	Sim
<i>Define External Packaging Specifications</i>	Não	Sim	Sim
<i>Prepare Process Layout</i>	Não	Sim	Sim
<i>Prepare Value Stream Mapping</i>	Não	Sim	Sim
<i>CAD/Design Release</i>	Não	Sim	Sim

<i>BOM Release</i>	Não	Sim	Sim
<i>BOP Release</i>	Não	Sim	Sim
<i>Confirm Industrial Cost</i>	Não	Sim	Sim
<i>Prepare List & Specs of Specific Means</i>	Não	Sim	Sim
<i>Prepare List & Specs of Productive</i>	Não	Sim	Sim
<i>Validate and Present Project Targets Update</i>	Não	Sim	Sim
<i>Approve Project Targets Update</i>	Não	Sim	Sim
<i>Build Open List Points</i>	Não	Sim	Sim
<i>Gate Review Meeting</i>	Não	Sim	Sim

Tabela 2 - Subfases Gate 3

Gate 3 - Process Release	Input	Output	Documento?
<i>Procurement Specific Means</i>	Sim	Não	Sim
<i>Procurement Generic Means</i>	Sim	Não	Sim
<i>Procurement Productive</i>	Sim	Não	Sim
<i>Discuss Procurement proposals(Specific)</i>	Sim	Não	Sim
<i>Discuss Procurement proposals(Generic)</i>	Sim	Não	Sim
<i>Discuss Procurement proposals(productive)</i>	Sim	Não	Sim
<i>Negotiate Procurement proposals (Specific)</i>	Sim	Não	Sim
<i>Negotiate Procurement proposals (Generic)</i>	Sim	Não	Sim
<i>Negotiate Procurement proposals (Productive)</i>	Sim	Não	Sim
<i>Issue PI (Capital Means)</i>	Não	Sim	Sim
<i>Approve Proposals (Specific)</i>	Não	Sim	Sim
<i>Approve Proposals (Generic)</i>	Não	Sim	Sim
<i>Audit Suppliers (Productive)</i>	Sim	Não	Sim
<i>Approve Proposals (Productive)</i>	Não	Sim	Sim
<i>Issue Supplier PO's (Specific)</i>	Não	Sim	Sim
<i>Issue Supplier PO's (Generic)</i>	Não	Sim	Sim
<i>Issue Supplier PO's (Productive)</i>	Não	Sim	Sim
<i>Update Timing Plan</i>	Não	Sim	Sim
<i>Construction of Specific Means</i>	Não	Não	Não
<i>Construction of Generic Means</i>	Não	Não	Não
<i>Manufacturing Plan/Preparation</i>	Não	Não	Não
<i>Productive Supplier Management</i>	Não	Não	Não
<i>Review Economics & Financial</i>	Sim	Não	Sim
<i>Project Targets Update</i>	Não	Sim	Sim
<i>Gate Review Meeting</i>	Não	Sim	Sim
<i>Update List of Open Points</i>	Não	Sim	Sim

A Tabela 2 mostra como o *Gate 3* é dependente de vários departamentos. Devido a esta interligação departamental o risco de atrasos aumenta. É aqui que se fazem os documentos relacionados com todos os processos de fabrico. No *Gate 3* existem documentos relacionados com as subfases que não são outputs. É de notar que este *Gate 3* tem subfases não identificadas por fazerem parte do departamento financeiro.

3.3 Análise dos indicadores

3.3.1 Apresentação dos indicadores

A Sodecia faz uma análise mensal do *Project Status*. Nesta análise são calculados quatro indicadores sendo estes:

- *Growing the Business;*
- *Growing the Results;*
- *Customer Satisfaction;*
- *Capex.*

Para efeitos deste trabalho apenas será analisado o indicador CS pois é o único que está relacionado com qualidade.

3.3.2 Cálculo do indicador *Customer Satisfaction CS*

O Indicador CS é o somatório de 30% do *Quality Control* (QC) e 70% do *Time To Market* (TTM). O QC é calculado contando os 'OK' de *Quality Claims* a dividir pelo total de 'OK' e 'NOK' de *Quality Claims*. O TTM é calculado contando os 'OK' de *Risk to delay parts to events* a dividir pelo total de 'OK' e 'NOK' de *Risk to delay parts to events&SOP*. Num Projeto existem um *Quality Claim*, dois *Risk to delay parts to events&SOP*.

O indicador CS é calculado da seguinte forma:

$$CS = \frac{QC \times 0,3 + TTM \times 0,7}{100}$$

sendo o *Quality Control*,

$$QC = \frac{OK \text{ Quality Claims}}{Total \text{ Quality Claims}}$$

e o *Time To Market*,

- $$TTM = \frac{OK \text{ Risk to delay parts to event}}{Total \text{ Risk to delay parts to event \& SOP}}$$

3.3.3 Intervalo de resultados

O indicador *Customer Satisfaction* dá resultados percentuais, mas a análise do indicador é feita de forma qualitativa. Essa análise considera os seguintes intervalos de valor:

- Verde (Bom)

$$99,00\% \leq CS \leq 100,00\%$$

- Amarelo (Regular)

$$95,00\% \leq CS < 99,00\%$$

- Vermelho (Mau)

$$CS < 95,00\%$$

3.3.4 Resultados Customer Satisfaction Status

No Anexo 1 encontra-se a Tabela 9 com os resultados do *Customer Satisfaction Status* para o *gate* 2 e o Anexo 2 contém a Tabela 10 com os resultados do *Gate* 3 para o ano de 2017.

3.3.5 Resultados do indicador Customer Satisfaction

Na Tabela 3 e na Tabela 4 encontram-se os resultados do indicador *Customer Satisfaction* depois de aplicada a devida fórmula para o ano de 2017. Para calcular o QC são utilizados os dados do Anexo 1, Tabela 10 e para o TTM são usados os dados apresentados no Anexo 2, Tabela 11.

Tabela 3 - Resultados do CS do *gate* 2 para o ano de 2017

Mês	CS
Jan	100,00 %
Fev	100,00 %
Mar	97,81 %
Abr	98,33 %
Mai	100,00 %
Jun	95,63 %
Jul	100,00 %
Ago	100,00 %
Set	100,00 %
Out	94,09 %
Nov	94,00 %
Dez	86,43 %

Tabela 4 - Resultados do CS do *gate* 3 para o ano de 2017

Mês	CS
Jan	100,00 %
Fev	100,00 %
Mar	93,64 %
Abr	91,46 %
Mai	95,83 %
Jun	93,93 %
Jul	91,00 %
Ago	93,70 %
Set	92,61 %
Out	84,05 %
Nov	82,05 %
Dez	85,00 %

Devido à complexidade do *Gate* 3, apresentadas no ponto 3.2.1, os resultados são mais baixos do que os do *Gate* 2. Devido a aquisições de novas empresas e à sua inserção no modelo de gestão de projetos da Sodecia, o último trimestre de 2017 apresenta resultados inferiores em ambas as *gates* em relação ao resto do ano.

3.4 Estudo da distribuição normal

Da distribuição Gaussiana ou Normal resultam valores que estão compreendidos entre $\mu \pm X\sigma$.

Regra geral, o estudo da distribuição normal é feito dos dois lados da curva como se pode ver na Figura 2. Neste caso como o objetivo o indicador tenha uma média de 100% então, este apenas pode apresentar valores inferiores. Na figura 3 pode ver-se a forma da distribuição normal.

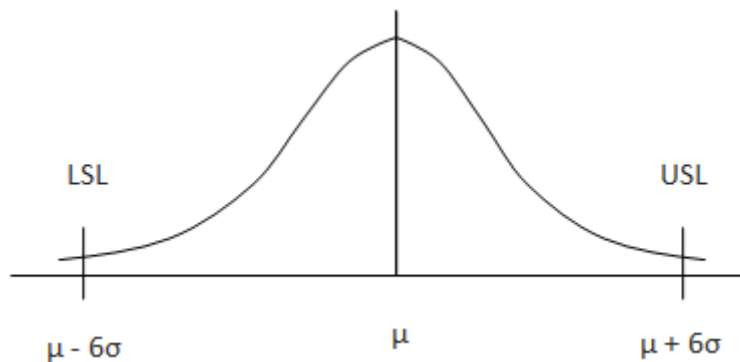


Figura 2 – Distribuição normal a 2 lados

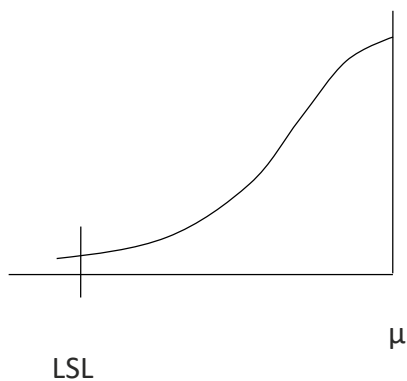


Figura 3 – Distribuição normal 1 lado

O Z pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$Z = \frac{LSL - \mu}{\sigma}$$

3.4.1 Resultados da distribuição normal para o indicador

Foi calculada a média e o desvio-padrão para o indicador para o *Gate* 2 e 3. Os resultados podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados da média e do desvio-padrão do CS

<i>Gate</i>	μ	σ
<i>Gate 2</i>	0,9719	0,0395
<i>Gate 3</i>	0,9194	0,056

Encontraram-se os mínimos do indicador para ambas os *Gates*. Esses mínimos estão identificados na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados mínimos do CS

<i>Gate</i>	LSL
<i>Gate 2</i>	86,43%
<i>Gate 3</i>	82,05%

Com os resultados da Tabela 5 e 6 calculou-se o Z para ambos os *gates*, obtendo os resultados expressos na tabela 7.

Tabela 7 - Resultados de Z para o CS

<i>Gate</i>	Z
<i>Gate 2</i>	-1,766
<i>Gate 3</i>	-2,72

3.4.2 Aplicação da ferramenta seis sigma

Posteriormente ao estudo da distribuição normal no indicador CS calculou-se o desvio-padrão para a solução ótima. Para tal, pretende-se que a média seja de 100%, $\mu = 1$, o limite mínimo seja 99%, $LSL = 0,99$, e que o $Z = 6$. O intervalo de valores apresenta o resultado ótimo. Depois de aplicada a fórmula obtemos $\sigma = 0,00167$, sendo o valor

máximo do desvio-padrão que o indicador pode atingir para que se encontre dentro dos parâmetros do seis sigma.

3.4.3 Limites de Controlo

Para ter certezas que o limite mínimo não é atingido são impostos limites de controlo. Ao encurtar o intervalo sabe-se que antes de atingir esse limite mínimo será dado um alerta. Se esse alerta for dado são então implementadas ações corretivas e dessa forma não se trabalha fora desses limites específicos (máximos e mínimos).

Pela experiência, sabe-se que um processo não pode variar mais do que $1,5\sigma$ e então, o $LSL = 4,5\sigma$. Usando a fórmula $\mu - 4,5\sigma$ obtém-se um resultado igual a 0,992485 ou em termos percentuais 99,2485%.

3.4.4 Limites máximos do QC e do TTM

Do ponto 3.4.3 sabe-se que o indicador CS deve ser maior do que 0,992485. Tendo a fórmula do CS duas variáveis (QC e TTM) é necessário saber como é que o indicador pode variar. Simplificando a fórmula do CS fica-se com:

$$CS = 0,3 QC + 0,7 TTM$$

E aplicando o valor mínimo:

$$0,992485 = 0,3 QC + 0,7 TTM$$

Então,

$$\begin{cases} 0,992485 = 0,3 QC + 0,7 TTM & , TTM = 1 \\ 0,992485 = 0,3 + 0,7 TTM & , QC = 1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} QC = 0,97495 & (1) \\ TTM = 0,98926 & (2) \end{cases}$$

Em (1) se se aplicar a fórmula do *Quality Control* e se se considerar o *Total Quality Claims* igual a 100 obtém-se um resultado igual a 98 'Ok' ou 2 'NOK'.

Em (2) se se aplicar a fórmula do *Time To Market* e se se considerar o *Total Risk to delay parts to event & SOP* igual a 200, somatório de 100 *Risk to delay parts to event* e 100 *Risk to accomplish SOP*, obtém-se um resultado igual a 99 'Ok' ou 1 'NOK'.

Calculou-se a conjugação do *Quality Control* e do *Time to Market* tendo o QC obtido um resultado de 1 'NOK' para um total de 100 *Quality Claims* e, o TTM obteve um máximo de 1 'NOK' por um total de 200 *Risk to delay parts to event & SOP*. Na Tabela 8 encontra-se a comparação entre os dados reais e os dados depois da análise com a ferramenta Seis Sigma. Como se pode verificar há uma redução significativa do número de *Quality Claims* e do *Risk to delay parts to event & SOP* para ambas as Gates.

Tabela 8 – Comparação entre os dados reais e os dados depois da análise com 6 σ

Nº Projetos	Dados reais	Depois de análise com 6 σ
Nº Projetos – Gate 2	100	100
<i>Quality Claims</i> – Gate 2	3,66	2 ou 1
<i>Risk to delay parts to event & SOP</i> – Gate 2	4,71	0 ou 1
<i>Quality Claims</i> – Gate 3	7,48	2 ou 1
<i>Risk to delay parts to event & SOP</i> – Gate 3	1,29	0 ou 1

3.4.5 Correspondência entre as fases DMADV e subcapítulos

Na Tabela 8 encontra-se a correspondência entre as fases da metodologia DMADV e subcapítulos deste trabalho.

Tabela 9 – Correspondência entre as fases da metodologia DMADV e os subcapítulos do trabalho

Fases	Subcapítulos
<i>Define</i>	3.3.2
<i>Measure</i>	3.3.4
<i>Analyse</i>	3.3.5
<i>Design</i>	3.4.1
	3.4.2
	3.4.3
<i>Verify</i>	3.4.4.

3.5 Conclusões

Os resultados do indicador CS para o ano de 2017 são bastante baixos principalmente no *gate* 3. Este facto deve-se à complexidade da *gate* 3 como se pode evidenciar pelo resumo da Tabela 3. Não só a *gate* 3 é dependente de vários departamentos como é nesta fase que se irão criar todos os processos relacionados com os processos de fabrico e de controlo.

Do estudo da distribuição normal obteve-se um resultado de -2 e -3 sigma para as *gates* 2 e 3 respetivamente. Depois da aplicação da ferramenta seis sigma e dos limites de controlo obteve-se uma conjugação de resultados para o QC e para o TTM. Essa conjugação de resultados revelou que durante um ano no máximo pode haver 2 reclamações ou um risco de atraso. Outro resultado possível é uma reclamação e um atraso. Todos os valores calculados têm como premissa o número de projetos é igual a 100. Os resultados obtidos são ótimos pois significaria que o indicador CS estaria dentro do intervalo de valores desejável.

O departamento de Qualidade e Projetos analisa as reclamações de projeto e de produção em série como um todo. O departamento comunicou que a maioria das reclamações estão relacionadas com os processos (ex: *missing fasteners*). Os indicadores utilizados pelo departamento são o número de reclamações, o *Parts Per Million* (PPM) e o *Incidents per Billion* (IpB).

Se o seis sigma fosse implementado, o número de reclamações iria baixar consideravelmente e por consequência o IpB. O PPM também baixaria pois como há menos reclamações então também iria haver menos peças rejeitadas.

Indiretamente a implementação do seis sigma significaria que passaria a haver um maior controlo dos processos de fabrico e controlo.

Para melhorar o indicador CS propõe-se que os PFMEA e DFMEA sejam desenvolvidos criteriosamente de forma a quando passarem para a Pré-Série não haver problemas relacionados com qualidade.

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 CONCLUSÕES

O objetivo desta dissertação é a avaliação do atual modelo de gestão de projetos usando a ferramenta Seis Sigma no indicador *Customer Satisfaction (CS)*, que faz parte da gestão de Projetos da empresa Sodecia SGPS Participações Sociais S.A. de forma a obter sempre o resultado ótimo, 100%.

Durante o decorrer do projeto mais concretamente na fase de conceção e desenvolvimento do produto existem duas subfases, o design do produto e o desenvolvimento dos processos do produto.

O seis sigma, como uma ferramenta de melhoria contínua, melhora os processos com vista à eliminação dos defeitos. As metodologias associadas ao seis sigma são o DMAIC e o DFSS. O DMAIC foca-se em melhorar os processos já existentes enquanto que, o DFSS é utilizado na criação de novos produtos e processos.

O seis sigma requer que haja pessoas qualificadas para a implementação do mesmo. No seguimento do objetivo deste trabalho passou-se à avaliação do modelo de gestão de projetos.

Numa primeira fase foi calculado o indicador *Customer Satisfaction* para os *gates* 2 e 3 no ano de 2017, o resultado é bastante baixo em relação ao intervalo de valores estipulados.

Numa segunda fase aplicou-se a ferramenta seis sigma para o intervalo ótimo. Essa conjugação de resultados revelou que durante um ano no máximo pode haver 2 reclamações ou um risco de atraso. Outro resultado possível é uma reclamação e um atraso. Todos os valores calculados têm como premissa o número de projetos é igual a 100. Estes resultados permitem que o indicador CS esteja sempre dentro do intervalo de valores desejáveis pelo Grupo Sodecia.

Tendo em consideração a particularidade do local de desenvolvimento desta dissertação, só faria sentido implementar a metodologia DFSS em todos os projetos que estejam no gate 2 e 3.

A dificuldade da implementação do DFSS deve-se a diversos fatores tais como aquisições de novas empresas e integração das mesmas no modelo de gestão de projetos, a existências de problemas de qualidade e a falta de recursos humanos.

Concluiu-se que este trabalho atingiu o objetivo proposto pois conseguiu obter-se o resultado ótimo, 100%, para o indicador CS. Ao atingir o resultado ótimo, traz benefícios para a sociedade pois não há desperdício de recursos naturais e, para a Sodecia já que adota um modelo de desenvolvimento sustentável. Ao não haver desperdício de matéria-prima traduz-se num benefício económico e financeiro presente e futuro para o Grupo. A diminuição do consumo de matéria-prima e a redução do custo de desenvolvimento do produto leva a que, a longo prazo, o Grupo ofereça aos seus clientes, bens a menor preço tornando a empresa mais competitiva e garantindo a sua estabilidade no mercado e os postos de trabalho dos seus colaboradores.

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Durante o desenvolvimento do trabalho surgiram questões pertinentes para poder haver uma implementação da ferramenta seis sigma sendo estas:

- Formação de pessoas chave em seis sigma;
- Corrigir problemas que existem em processos;
- Envolvimento da gestão de topo.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5 Bibliografia e outras fontes de informação

Automotive Industry Action Group. (1997). *Automotive Project Management Guide*. Southfield: AIAG Publications.

Barone, S., & Lo Franco, E. (2012). Six Sigma methodology. In *Statistical and Managerial Techniques for Six Sigma Methodology: Theory and Application* (pp. 1–21). John Wiley & Sons, Ltd.

Chrysler LLC, Ford Motor Company, G. M. C. (1994). Advanced Product Quality Planning (APQP) and Control Plan Reference Manual. *Retrieved October*. Essex: Carwin Continuous Ltd.

De Castro, R. A. (2012). *Lean Six Sigma - Para qualquer negócio*. Lisboa: ISR Press.

IPMA Global Standard. (2016). *Project Excellence Baseline for Achieving Excellence in Projects and Programmes*. Amsterdam: International Project Management Association.

Margineanu, L., Prostean, G., & Popa, S. (2015). Conceptual Model of Management in Automotive Projects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 197(February), 1399–1402. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.085>

Martins, P. V., & Zacarias, M. (2017). An Agile Business Process Improvement Methodology. *Procedia Computer Science*, 121, 129–136.

Mitchell, E. M., & Kovach, J. V. (2016). Improving supply chain information sharing using Design for Six Sigma. *European Research on Management and Business Economics*, 22(3), 147–154.

Pries, K. H., & Quigley, J. M. (2009). *Project Management of Complex and Embedded Systems* (Auerbach P). Boca Raton.

Project Management Institute, I. (2008). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. Newtown Square: PMBOK.

Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 238, 590–596.

Sokovic, M., Pavletic, D., & Pipan, K. K. (2010). Quality Improvement Methodologies - PDCA Cycle, Radar Matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 43(1), 476–483.

Swain, A. K., Cao, Q. R., & Gardner, W. L. (2018). Six Sigma success: Looking through authentic leadership and behavioral integrity theoretical lenses. *Operations Research Perspectives*, 5, 120–132.

Tenera, A., & Pinto, L. C. (2014). A Lean Six Sigma (LSS) Project Management Improvement Model. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 912–920.

ANEXOS

6.1 ANEXO 1

6.2 ANEXO 2

6 Anexos

Por questões de confidencialidade o nome dos projetos apresenta uma codificação numérica.

6.1 Anexo 1

Tabela 10 - Resultados *Customer Satisfaction Status Gate 2*

<i>Customer Satisfaction Status</i>				
	<i>Proj</i>	<i>Quality Claims bef. SOP</i>	<i>Risk to delay parts to Events</i>	<i>Risk to accomplish SOP</i>
Janeiro	1	OK	OK	OK
	2	OK	OK	OK
	3	OK	OK	OK
	4	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
Fevereiro	1	OK	OK	OK
	2	OK	OK	OK
	3	OK	OK	OK
	4	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK

<i>Customer Satisfaction Status</i>				
	<i>Proj</i>	<i>Quality Claims bef. SOP</i>	<i>Risk to delay parts to Events</i>	<i>Risk to accomplish SOP</i>
Março	7	OK	OK	OK
	8	OK	OK	OK
	9	OK	OK	OK
	3	OK	OK	OK
	4	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
	10	OK	OK	OK
	11	OK	OK	OK
	12	OK	OK	OK
	13	OK	OK	OK
	14	OK	NOK	OK
	15	OK	OK	OK
	16	OK	OK	OK
	17	OK	OK	OK
	18	OK	OK	OK
	19	OK	OK	OK
Abril	7	OK	OK	OK
	2	OK	OK	OK
	1	OK	OK	OK
	8	OK	OK	OK
	9	OK	OK	OK
	20	OK	OK	OK
	21	OK	OK	OK
	22	OK	OK	OK
	3	OK	OK	OK
	4	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
	1	OK	OK	OK
	2	OK	OK	OK
	3	OK	OK	OK
	4	OK	NOK	OK
	15	OK	OK	OK
	16	OK	OK	OK
	18	OK	OK	OK
	17	OK	OK	OK

<i>Customer Satisfaction Status</i>				
	<i>Proj</i>	<i>Quality Claims bef. SOP</i>	<i>Risk to delay parts to Events</i>	<i>Risk to accomplish SOP</i>
Maio	22	OK	OK	OK
	3	OK	OK	OK
	4	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
Junho	3	OK	OK	OK
	4	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
	22	OK	OK	OK
	10	OK	NOK	OK
	17	OK	OK	OK
	18	OK	OK	OK
Julho	22	OK	OK	OK
	3	OK	OK	OK
	4	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
	17	OK	OK	OK
	18	OK	OK	OK
Agosto	23	OK	OK	OK
	3	OK	OK	OK
	4	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
	18	OK	OK	OK
	23	OK	OK	OK

<i>Customer Satisfaction Status</i>				
	<i>Proj</i>	<i>Quality Claims bef. SOP</i>	<i>Risk to delay parts to Events</i>	<i>Risk to accomplish SOP</i>
Setembro	24	OK	OK	OK
	3	OK	OK	OK
	4	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
	25	OK	OK	OK
	26	OK	OK	OK
	18	OK	OK	OK
	27	OK	OK	OK
Outubro	23	OK	OK	OK
	24	OK	OK	OK
	3	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
	28	OK	OK	OK
	29	NOK	NOK	OK
	25	OK	OK	OK
	26	OK	OK	OK
	18	OK	OK	OK
	27	OK	OK	OK
Novembro	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
	28	OK	OK	OK
	29	NOK	OK	OK
	30	OK	OK	OK
Dezembro	3	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
	28	OK	OK	OK
	29	NOK	NOK	OK
	27	NOK	OK	OK
	30	OK	OK	OK

6.2 Anexo 2

Tabela 11 - Resultados Customer Satisfaction Status Gate 3

Customer Satisfaction Status				
	Proj	Quality Claims bef. SOP	Risk to delay parts to Events	Risk to accomplish SOP
Janeiro	31	OK	OK	OK
	32	OK	OK	OK
	33	OK	OK	OK
	34	OK	OK	OK
Fevereiro	19	OK	OK	OK
	1	OK	OK	OK
	2	OK	OK	OK
	31	OK	OK	OK
	32	OK	OK	OK
	33	OK	OK	OK
	34	OK	OK	OK
	19	OK	OK	OK
	1	OK	OK	OK
	2	OK	OK	OK
	31	OK	OK	OK
	32	OK	OK	OK
Março	33	OK	OK	OK
	3	OK	OK	OK
	52	OK	OK	OK
	34	OK	OK	OK
	51	OK	OK	OK
	36	OK	OK	OK
	49	OK	NOK	OK
	25	OK	NOK	OK
	37	OK	OK	OK
	41	OK	NOK	OK
	42	OK	NOK	OK
	26	OK	OK	OK
	44	OK	OK	OK
	45	OK	OK	OK
	46	OK	OK	OK
	48	OK	OK	OK
	47	OK	OK	OK

<i>Customer Satisfaction Status</i>				
	<i>Proj</i>	<i>Quality Claims bef. SOP</i>	<i>Risk to delay parts to Events</i>	<i>Risk to accomplish SOP</i>
Abril	1	OK	OK	OK
	2	OK	OK	OK
	31	OK	OK	OK
	32	OK	OK	OK
	33	OK	OK	OK
	3	OK	OK	OK
	4	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
	52	OK	OK	OK
	34	NOK	OK	OK
	51	OK	OK	OK
	36	OK	OK	OK
	49	OK	NOK	OK
	25	OK	NOK	OK
	37	OK	OK	OK
	14	OK	NOK	OK
	42	OK	NOK	OK
	26	OK	OK	OK
	44	OK	OK	OK
	45	OK	OK	OK
	46	OK	OK	OK
	48	OK	NOK	OK
	47	OK	OK	OK

<i>Customer Satisfaction Status</i>				
	<i>Proj</i>	<i>Quality Claims bef. SOP</i>	<i>Risk to delay parts to Events</i>	<i>Risk to accomplish SOP</i>
Maio	7	OK	OK	OK
	1	OK	OK	OK
	2	OK	OK	OK
	31	OK	OK	OK
	32	OK	OK	OK
	33	OK	OK	OK
	3	OK	OK	OK
	4	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
	34	NOK	OK	OK
	51	OK	OK	OK
	36	OK	OK	OK
	37	OK	OK	OK
	11	OK	OK	OK
	12	OK	OK	OK
	13	OK	OK	OK
	52	OK	OK	OK
	41	OK	NOK	OK
	42	OK	NOK	OK
	26	OK	OK	OK
	15	OK	OK	OK
	44	OK	OK	OK
	18	OK	OK	OK

<i>Customer Satisfaction Status</i>				
	<i>Proj</i>	<i>Quality Claims bef. SOP</i>	<i>Risk to delay parts to Events</i>	<i>Risk to accomplish SOP</i>
Junho	7	OK	OK	OK
	1	OK	OK	OK
	2	OK	OK	OK
	31	OK	OK	OK
	32	OK	OK	OK
	33	OK	OK	OK
	3	OK	OK	OK
	4	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
	52	OK	OK	OK
	34	NOK	OK	OK
	51	OK	OK	OK
	36	OK	OK	OK
	37	OK	OK	OK
	11	OK	OK	OK
	12	OK	OK	OK
	14	OK	NOK	OK
	41	OK	NOK	OK
	42	OK	NOK	OK
	26	OK	OK	OK
	43	OK	OK	OK
	15	OK	OK	OK
	16	OK	OK	OK
	44	OK	OK	OK
	45	OK	OK	OK
	46	OK	OK	OK
	47	OK	NOK	OK

<i>Customer Satisfaction Status</i>				
	<i>Proj</i>	<i>Quality Claims bef. SOP</i>	<i>Risk to delay parts to Events</i>	<i>Risk to accomplish SOP</i>
Julho	19	OK	OK	OK
	23	OK	OK	OK
	24	OK	OK	OK
	31	OK	OK	OK
	32	NOK	NOK	NOK
	33	OK	OK	OK
	3	OK	OK	OK
	4	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
	29	OK	OK	OK
	34	NOK	OK	OK
	35	OK	OK	OK
	10	OK	OK	OK
	51	OK	OK	OK
	36	OK	OK	OK
	37	OK	OK	OK
	11	OK	OK	OK
	12	OK	OK	OK
	14	OK	NOK	OK
	41	OK	NOK	OK
	42	OK	NOK	OK
	26	OK	OK	OK
	43	OK	OK	OK
	15	OK	OK	OK
	16	OK	OK	OK
	44	OK	OK	OK
	45	OK	OK	OK
	46	OK	OK	OK
	47	OK	NOK	OK

<i>Customer Satisfaction Status</i>				
	<i>Proj</i>	<i>Quality Claims bef. SOP</i>	<i>Risk to delay parts to Events</i>	<i>Risk to accomplish SOP</i>
Agosto	31	OK	OK	OK
	32	NOK	NOK	NOK
	33	OK	OK	OK
	3	OK	OK	OK
	4	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
	29	OK	OK	OK
	53	OK	OK	OK
	54	OK	OK	OK
	10	OK	OK	OK
	51	OK	OK	OK
	37	OK	OK	OK
	11	OK	OK	OK
	12	OK	OK	OK
	14	OK	NOK	OK
	41	OK	OK	OK
	42	OK	OK	OK
	26	OK	OK	OK
	43	OK	OK	OK
	15	OK	OK	OK
	16	OK	OK	OK
	44	OK	OK	OK
	45	OK	OK	OK
	46	OK	OK	OK
	47	OK	NOK	OK
	17	OK	OK	OK

<i>Customer Satisfaction Status</i>				
	<i>Proj</i>	<i>Quality Claims bef. SOP</i>	<i>Risk to delay parts to Events</i>	<i>Risk to accomplish SOP</i>
Setembro	23	OK	OK	OK
	24	OK	OK	OK
	31	OK	OK	OK
	32	NOK	NOK	NOK
	33	OK	OK	OK
	3	OK	OK	OK
	4	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
	29	OK	OK	OK
	53	OK	OK	OK
	55	OK	OK	OK
	54	OK	OK	OK
	10	OK	OK	OK
	51	OK	OK	OK
	37	OK	OK	OK
	11	OK	OK	OK
	12	OK	OK	OK
	14	OK	NOK	OK
	42	OK	OK	OK
	50	OK	NOK	OK
	46	OK	OK	OK
	17	OK	OK	OK

<i>Customer Satisfaction Status</i>				
	<i>Proj</i>	<i>Quality Claims bef. SOP</i>	<i>Risk to delay parts to Events</i>	<i>Risk to accomplish SOP</i>
Outubro	23	OK	OK	OK
	24	OK	OK	OK
	31	OK	OK	OK
	32	NOK	NOK	NOK
	33	NOK	NOK	NOK
	3	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
	29	NOK	NOK	OK
	56	OK	OK	OK
	53	OK	OK	OK
	55	OK	OK	OK
	54	OK	OK	OK
	10	OK	OK	OK
	51	OK	OK	OK
	37	OK	OK	OK
	11	OK	OK	OK
	12	OK	OK	OK
	14	OK	NOK	OK
	50	OK	NOK	OK
	17	OK	OK	OK

<i>Customer Satisfaction Status</i>				
	<i>Proj</i>	<i>Quality Claims bef. SOP</i>	<i>Risk to delay parts to Events</i>	<i>Risk to accomplish SOP</i>
Novembro	23	OK	OK	OK
	24	OK	OK	OK
	31	OK	OK	OK
	32	NOK	NOK	NOK
	33	NOK	NOK	NOK
	3	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
	29	NOK	NOK	OK
	56	OK	OK	OK
	53	OK	OK	OK
	55	OK	OK	OK
	54	OK	OK	OK
	10	OK	OK	OK
	51	OK	OK	OK
	40	NOK	NOK	OK
	49	OK	OK	OK
	18	OK	OK	OK
	46	OK	OK	OK
	57	NOK	NOK	OK
	58	OK	OK	OK
	59	OK	OK	OK

<i>Customer Satisfaction Status</i>				
	<i>Proj</i>	<i>Quality Claims bef. SOP</i>	<i>Risk to delay parts to Events</i>	<i>Risk to accomplish SOP</i>
Dezembro	23	OK	OK	OK
	24	OK	OK	OK
	31	OK	OK	OK
	32	NOK	NOK	NOK
	33	NOK	NOK	NOK
	3	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK
	29	NOK	NOK	OK
	30	OK	OK	OK
	56	OK	OK	OK
	53	OK	OK	OK
	55	OK	OK	OK
	54	OK	OK	OK
	10	OK	OK	OK
	51	OK	OK	OK
	37	OK	OK	OK
	18	OK	OK	OK
	46	OK	OK	OK
	57	NOK	NOK	OK
	58	OK	OK	OK
	59	OK	OK	OK